CANADIAN POLAR COMMISSION

INTERNATIONAL POLAR YEAR 2007–2008

Spatial Data Infrastructure: Implications for Sovereignty in the Canadian Arctic 1

Using Lake Sediments to Reconstruct Environmental Changes in the Arctic 6

Arctic Aquatic Ecosystem Research: Present and Future 9

Canadian Boreal Forest Dynamics in a Time of Global Change 15

Adapting to Change in Canada's North: Voices from Fort Resolution, NWT 19

Kluane National Park Management Board Coordinates a National Conference: "Learning from Cooperative Management" 25

Book Review 26

New Books 28

Horizon 28

SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE: IMPLICATIONS FOR SOVEREIGNTY IN THE CANADIAN ARCTIC

Peter L. Pulsifer and D.R.F. Taylor

INTRODUCTION

There are many definitions of the word sovereignty, however a common usage pertains to a government possessing full control over its own affairs within a territory or geographical area.

The question of sovereignty in Canada's North is increasingly being discussed in national political discourse and the popular media. The Arctic sovereignty issue centres around access to the seas surrounding the Canadian Arctic Archipelago. Many countries including the United States assert that these ocean conduits are part of Canada's territorial sea[1] and Canada therefore must not prevent innocent passage[2] through these waters by international vessels. Canada takes the position that the waters of the Arctic Archipelago are internal waters, subject to the same control as a river or lake within the Canadian landmass. The "territorial seas" position is based in international law and specifically the United Nations Convention on the Law of the Sea (U.N. 2007); the Canadian claim derives from historical use and effective occupation of the archipelagic seas.

Resolution of this issue is seen as increasingly important and urgent. An increase in ship traffic through the Northwest Passage (see fig. 1) is expected as a result of the lighter ice seasons predicted by global climate models. Moreover, changes in the environment could make development of natural resources economically feasible. In August 2006, Prime Minister Stephen Harper stated his government's view as follows:

> *It's no exaggeration to say that the need to assert our sovereignty and take action to protect our territorial integrity in the Arctic has never been more urgent.* (CBC, 2006)

For Harper the resource development issue, including possibilities of new oil and gas discoveries in the Arctic Region Basin, gives the matter urgency. He went on to say:

> *The economics and the strategic value of northern resource development are growing more attractive and critical to our nation.* (CBC, 2006)

1 The sovereignty of a coastal State extends, beyond its land territory and internal waters and, in the case of an archipelagic State, its archipelagic waters, to an adjacent belt of sea, described as the territorial sea. Every State has the right to establish the breadth of its territorial sea up to a limit not exceeding 12 nautical miles (un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/unclos/closindx.htm - articles 2,3).

Canada

In the public debate, some suggest that the lack of response by the United States government to these firm statements and a related increase in Canadian military activity in the North amounts to tacit acceptance of the Canadian position. If this view is correct then Canadians should focus their energies on stewardship and management of the area (Griffiths, 2006). Others, less sanguine about the acceptance of the Canadian position by the U.S. and other governments such as Denmark, suggest that Canada should adopt a "hard power" approach that includes deployment of military icebreakers and remote sensing systems for surveillance (Huebert, 2006).

It remains to be determined which of these approaches will be most effective but regardless of the approach adopted, geographic information should play a central role in any actions taken.

Historically, geographic information typically in the form of maps has played a central role in geopolitics and the establishment and management of sovereignty (Henrikson, 1999: 94–96). Maps and charts were central to "discovery" related to the territorial claims resulting in many of the world's nation states, including Canada (Morantz, 2002). Information recording the definition of boundaries that define a territory is maintained in survey records and the resulting maps. In addition, geographic information is used to describe, plan and monitor effective occupation of a territory. This perspective however is rarely explicitly stated in the current debates about Canadian sovereignty in the North.

Ultimately, supporting any particular course of action around sovereignty in the North will require adequately precise, accurate and current geographic information that goes beyond demarcation of boundaries. A modern system will, for example, need to include "real-time" monitoring of ship traffic and provide reporting on the state of resource development and the environment. In 2007, this means an extension of traditional "mapping" programs to the development of a "Spatial Data Infrastructure"[3] (SDI). The following sections define the concept of an SDI, summarize the Canadian Geospatial Data Infrastructure program, and discuss the way forward for the development of a SDI for the Arctic Circumpolar region.

THE ORIGINS AND NATURE OF SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE

Prior to the 1960s, the primary device for storing and portraying geographic information was the paper map. Today, the paper map is still a very important mechanism for conveying geographic information. However, the 1960s brought a revolutionary change in our capacity to store, analyse, and portray geographic information. In 1964 the modern Geographic Information System (GIS) was invented at the Canadian Department of Energy, Mines, and Resources (now Natural Resources Canada). GIS supports creation, storage, and analysis of geographic information (e.g., overlay, measurement, buffers) in digital form. Today, GIS is a standard tool used in many applications including land management, scientific research, archaeology, urban planning, sales and marketing, and map production.

The increasing use of GIS throughout the 1970s and 80s produced large stores of digital geographic information. Sharing the data between producers, users, and other stakeholders proved quite difficult, as most GIS data were stored in proprietary formats that could not be used by other systems. Where data sharing was possible, the lack of established networks required that the data be copied from one system to another. This introduced a number of challenges in maintaining databases including redundancy, currency, storage costs, and lack of data identification and stewardship, as often there was not a single data producer and maintainer, as was the case with paper maps.

Thus, the 1990s brought about a movement that focused on coordinating the process of geographic data production with the goal of improving geographic

2 The United Nations Convention on the Law of the Sea defines Innocent Passage as follows: Passage is innocent so long as it is not prejudicial to the peace, good order or security of the coastal State. Such passage shall take place in conformity with this Convention and with other rules of international law (un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/unclos/closindx.htm - article 19).

2. *Passage of a foreign ship shall be considered to be prejudicial to the peace, good order or security of the coastal State if in the territorial sea it engages in any of the following activities:*

(a) any threat or use of force against the sovereignty, territorial integrity or political independence of the coastal State, or in any other manner in violation of the principles of international law embodied in the Charter of the United Nations;

(b) any exercise or practice with weapons of any kind;

(c) any act aimed at collecting information to the prejudice of the defence or security of the coastal State;

(d) any act of propaganda aimed at affecting the defence or security of the coastal State;

(e) the launching, landing or taking on board of any aircraft;

(f) the launching, landing or taking on board of any military device;

(g) the loading or unloading of any commodity, currency or person contrary to the customs, fiscal, immigration or sanitary laws and regulations of the coastal State;

(h) any act of wilful and serious pollution contrary to this Convention;

(i) any fishing activities;

(j) the carrying out of research or survey activities;

(k) any act aimed at interfering with any systems of communication or any other facilities or installations of the coastal State;

(l) any other activity not having a direct bearing on passage.

3 Also known as a Geospatial Data Infrastructure.

2007-03980/

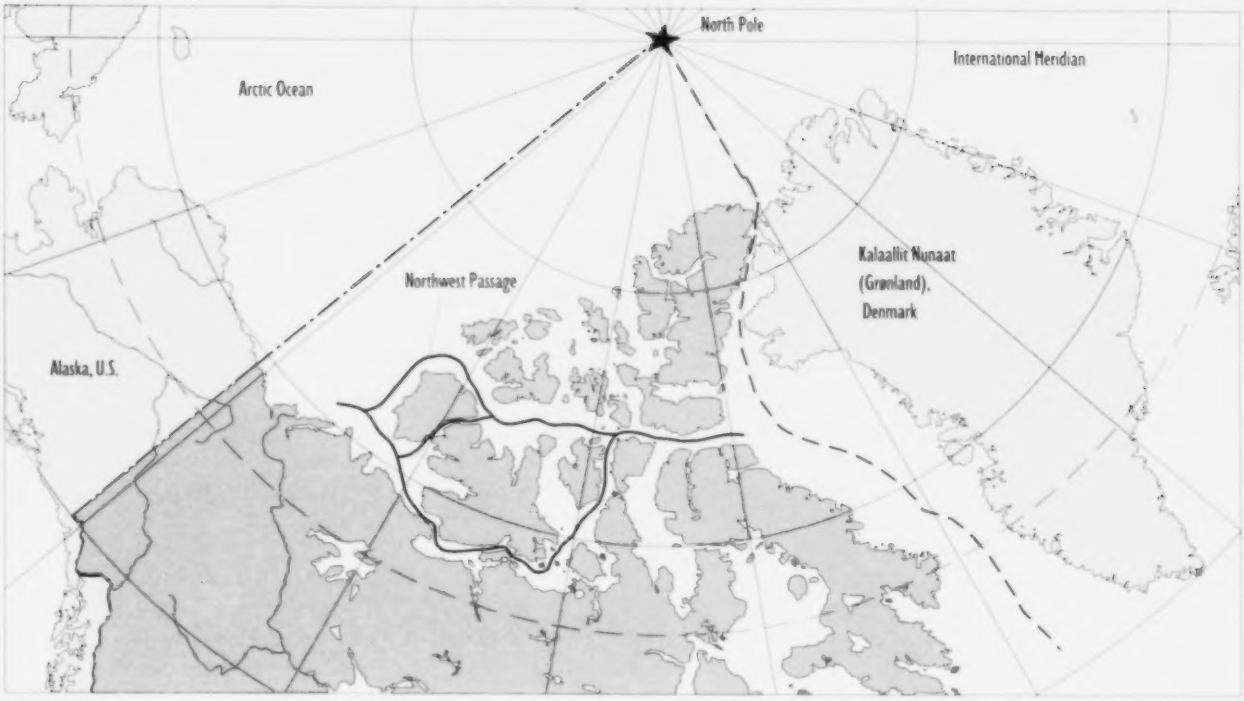


Figure 1
The Northwest Passage: territorial sea?

data and the effectiveness of its use. This movement has evolved into the concept of a Spatial Data Infrastructure (SDI). An early formal definition of SDI came from the U.S. Government:

> *National Spatial Data Infrastructure [NSDI] means the technology, policies, standards, and human resources necessary to acquire, process, store, distribute, and improve utilisation of geospatial data.* (USA, 1994)

The initial focus of SDI programs was to coordinate geographic data production efforts, including the effective cataloguing of the data. In the early to mid-nineties, the internet was being used to discover data using these new catalogues, however the data was typically distributed on CD-ROM or other similar media. This approach started to address the inefficiencies, data identification, and stewardship, but not the issues of incompatible formats, redundancy, currency, storage costs, etc.

The internet, combined with the development of new technologies and standards, has transformed SDI to its modern but still evolving form. Modern SDI programs use the internet and browser-based technology to discover datasets, visualize the data online and, if appropriate, access the data either through download or by direct connection using an internet data service. This model supports the real-time combination of data from many different sources. Each data resource is published and maintained "closest to the source", ideally the original creators. The model includes both "top-down" and "bottom-up" approaches. Larger government bodies produce what are known as framework layers, such as topographic data, while individuals or communities can publish data about more local phenomena such as wildlife sightings and the current state of the environment.

While all of these data resources may have existed prior to the conceptualization or implementation of SDIs, the SDI provides an innovative framework for integrating data so that it can be used to create application-specific information and knowledge. When considering the information requirements related to good government and sovereignty in the Canadian North, an SDI has the potential to provide a valuable framework for fulfilling these requirements. The SDI can facilitate the institutional, technical, and social networks required to generate and access the following kinds of data relevant to sovereignty including:

- territorial (demarcation of boundaries);
- operational (ship traffic, sea ice extent);
- effective occupation (hunting and fishing areas, sea ice usage);
- state of the environment (pollutants, species distribution);
- predictive models (climate, operational, economic).

It is important to note that an SDI as described here is not limited to a particular geographic scale, nor is it driven solely by a particular level or department of government. The concept centres around the establishment of a multi-participant human network that can create and sustain a multi-scale information network. In this concept, a local contribution such as a geographically referenced entry in a personal "blog"[4] can be as important as inclusion of a region-wide predictive model. Both contribute to characterizing and understanding the physical-social environment.

Canada has been a leader in the development of SDI theory and practice. This activity has resulted in the formation of a National SDI called the Canadian Geospatial Data Infrastructure.

DEVELOPMENT OF THE CANADIAN GEOSPATIAL DATA INFRASTRUCTURE

Just as Canada is internationally known as the implementer of the world's first GIS as discussed above, it is also recognized as one of the first countries to implement a Spatial Data Infrastructure. Discussions about establishing a national SDI for Canada began in the early 1990s and the concept progressed to the point that a federal program to develop a national SDI received funding in 1999. The GeoConnections program is a national partnership program established to evolve and expand the Canadian Geospatial Data Infrastructure (CGDI). The goal of CGDI is to provide Canadians with on-demand access to geographic information (e.g., maps, satellite images) and related services and applications in support of sound decision making. The CGDI's four key components national framework data, common data policies, technical standards, and enabling technologies interoperate to support this goal.

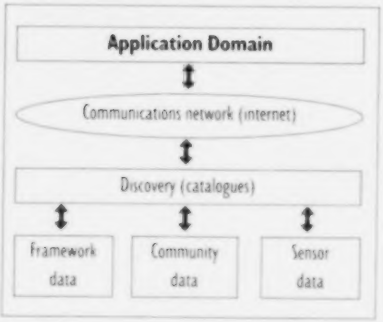


Figure 2

A conceptual model of a Spatial Data Infrastructure (SDI). The SDI supports discovery of data used in applications. Framework data is typically produced by government. Increasingly, data from communities (including communities of practice) and environmental sensors are contributing to SDIs.

The first phase of the program (1999–2005) focused on establishing framework components such as discovery services and technology. The current program, which runs from 2005 to 2010, concentrates on enabling the CGDI to meet user needs by developing applications that use the infrastructure rather than the infrastructure itself. For more information about the GeoConnections progam and the CGDI, please refer to the following website: www.geoconnections.org.

The CGDI stands to play an important role in the establishment of an SDI for the Canadian North.

THE WAY FORWARD: SOVEREIGNTY IN THE CANADIAN ARCTIC AND GDI

At present, there exists no clear, long-term strategy for addressing sovereignty concerns in the Canadian Arctic – although the current government appears to be adopting a "hard power" approach that would comprise a strong military presence combined with effective occupation. As an alternative, there have been suggestions that the Antarctic Treaty System could be used as a model for dealing with territorial claims as well as resource and environmental management in the Arctic (Ebbitson, 2006; Nowlan, 2001). In this model, territorial claims are set aside – they are neither recognized nor denied. Integrated resource management and environmental protection fall under a policy and legal regime established under an environmental protocol to the Antarctic Treaty and other treaty instruments.

These mechanisms are proving effective in managing various facets of Antarctic geopolitics and environmental stewardship. The system recognizes the value of a well-developed data infrastructure supporting of the treaty system and scientific research. In the Antarctic region, the development of data infrastructure (including Spatial Data Infrastructure) is carried out by a number of organizations and programs including the Antarctic Treaty Secretariat (www.ats.aq), the Joint Committee on Antarctic Data Management (www.jcadm.scar.org) and the Antarctic Spatial Data Infrastructure (www.antsdi.scar.org). Increasingly, these organizations are cooperating to develop a comprehensive and integrated data infrastructure for the Antarctic region.

A similar infrastructure could provide great benefit to the Arctic region. Regional projects are already being developed. As part of the *GIT Barents* Project, Russia, Finland, Sweden and Norway have cooperated to

4 Blog is short for weblog. A weblog is a journal (or newsletter) that is frequently updated and intended for general public consumption. Blogs generally represent the personality of the author or the Web site. A blog entry can be geographically "tagged" (referenced) using a protocol call GeoRSS (see georss.org).

establish a joint geographic infrastructure in the Barents Region (www.gitbarents.fi). From existing national databases, this project has created a homogenous geographic database covering the entire Barents Region at the scales of 1:1, 1:3 and 1:12 million. The results are distributed using an internet-based infrastructure that allows for easy access and use of the information. At the same time the system allows for efficient updating and maintenance of databases close to their source, *i.e.*, from within each of the cooperating countries. The chosen technology allows the user to view a combination of geographic and thematic data, satellite imagery with added geographic features such as roads, railways, settlements, and hydrography etc. The approach used is similar to the INSPIRE project recently approved by the European Union to create a seamless SDI for all of Europe (www.ec-gis.org/inspire).

Similarly, the Canadian government has developed many arctic geospatial data infrastructure elements through Natural Resources Canada's GeoConnections program and the Canadian Geospatial Data Infrastructure as well as priority programs such Geomatics for Northern Development (www.ess.nrcan.gc.ca/2002_2006/gnd/index_e.php). Local stakeholders are also developing resources. The Government of Yukon has a well-developed Geomatics program (www.geomaticsyukon.ca). Planning Organizations like the Yukon Land Use Planning Council have developed an on-line atlas that includes geospatial analysis tools (www.planyukon.ca). These initiatives, along with community-based projects, can contribute to an SDI that can be used to develop information and knowledge in support of good government and good management of Canada's North – and will also assist Canada in dealing with sovereignty issues.

Currently, there is no coordinated Geospatial Data Infrastructure program focused on the North and the Arctic at a national level or for the region as a whole. Many of the elements required already exist, but effective coordination is missing. Here governments at the federal, provincial, territorial, and local levels can all participate in creating the infrastructure, as can individual communities and citizens. International organizations such as the Arctic Council can also play an important role. With the International Polar Year now under way the collaborative aspects of SDI development may well be facilitated by ongoing activities such as the IPY GeoNorth 2007 conference (ess.nrcan.gc.ca/ipygeonorth/index_e.php). This conference aims to bring the key national players for the Arctic Basin round the table to discuss potential joint action. The logic of ensuring that an infrastructure created by Canada is at least interoperable with the one created by the northern nations of Europe is very strong. Canadian leadership in this respect would be an important symbol in terms of our assertion of sovereignty.

Like the Antarctic, the Arctic is a region where sovereignty issues are a concern, scientific research activity is high, and pressure is increasing to develop resources. Unlike the Antarctic, the Arctic region is home to many tens of thousands of permanent residents. The way we manage sovereignty concerns and environmental stewardship will therefore significantly affect the lives of many. An effective Geospatial Data Infrastructure can contribute to successful stewardship by helping to establish constructive solutions for sovereignty issues and for sound management of resources and the environment.

Peter L. Pulsifer (Ph.D. candidate) and D.R.F. Taylor (Distinguished Research Professor) are both with the Geomatics and Cartographic Research Centre, at the Department of Geography, Carleton University.

References

Canadian Broadcasting Corporation. "Harper promises to defend arctic sovereignty", CBC News, August 12, 2006, 9:20 pm. GMT.

Griffiths, F., November 8, 2006. "Our artic sovereignty is well in hand". *The Globe and Mail*. p. A25.

Henrikson, A. K., 1999. "The power and politics of maps", in G.J. Demko and W.B. Wood (eds.), *Reordering the world: Geopolitical perspectives on the 21st century* (pp. 94-96). Boulder, CO: Westview Press.

Huebert, R., August 17, 2006. "Arctic sovereignty's packed in policy ice jam". *The Globe and Mail*. p. A15.

Ibbitson, J., December 20, 2006. "Let's defuse northwest passage row". *The Globe and Mail*.

Morantz, A., 2002. *Where is here? Canada's maps and the stories they tell*. Toronto: Penguin Books.

Nowlan, L., 2001. *Arctic legal regime for environmental protection*. Gland, Switzerland, Cambridge, U.K. and IUCEL, Bonn, Germany: IUCN The World Conservation Union.

UN, 2007. Oceans and law of the sea. Retrieved January 5, 2007, from www.un.org/Depts/los/index.htm.

U.S.A., 1994. Executive order 12906 – coordinating geographic data acquisition and access: The national spatial data infrastructure. *Federal Register*. 59(71).

Wilson, K.J., J. Falkingham, H. Melling and R. De Abreu, 20–24 September, 2004. "Shipping in the Canadian arctic: Other possible climate change scenarios". Paper presented at the Geosciences and Remote Sensing Symposium, IGARSS '04, Anchorage, Alaska.

Acknowledgements

The authors wish to acknowledge Dr. Olav Loken for directing them to several articles referenced in this paper.

USING LAKE SEDIMENTS TO RECONSTRUCT ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE ARCTIC

Marianne S.V. Douglas and John P. Smol

Arctic latitudes are showing clear evidence of rapid environmental change. In November 2004, the *Arctic Climate Impact Assessment* (ACIA, 2004) was released by the Arctic Council. Made up of the eight circum-Arctic nations, the Arctic Council was partly responding to the observations voiced by concerned citizens that high latitude environments were changing rapidly and with often detrimental effects for the people and wildlife whose survival is so tightly tied to the land. These changes are clearly being observed by people living in the Arctic, however long-term trends on environmental changes are difficult to document due to the lack of historical records for many polar regions. Fortunately, a variety of paleoenvironmental records are available to extend the period of instrumental data. This article summarizes some of the paleolimnological research focused on describing the extent and impact of warming and related environmental changes in the Canadian Arctic.

The *ACIA* documented numerous changes in the Arctic environment, such as melting glaciers, thinning and receding sea ice, longer summer seasons, melting permafrost, rising sea levels, expansion (and some subsequent contraction) of biogeographical ranges for animal and plant species, increased exposure to ultraviolet radiation as a result of stratospheric ozone depletion, as well as the transport of pollutants such as persistent organic pollutants (POPs) and metals (e.g., mercury) from more southern latitudes to the Arctic via rivers, ocean currents, and winds. The cumulative impacts of these numerous changing factors are likely synergistic (i.e., additive) and, although difficult to measure directly on long time frames, are known to have negative impacts on ecosystems.

Assessing the extent and nature of environmental change can be difficult, as the degree of change is often a relative measure. Given the range of natural variability within ecosystems, it is necessary to put the observed changes in the correct temporal and spatial contexts with baseline data. For example, in order to assess whether average temperatures are rising (or cooling) it is necessary to have a long time-series of temperature measurements (or some other proxy of climate). In the Arctic, where the instrumental temperature record is short, mostly less than 50 years, it is difficult to obtain this information solely from instrumental measurements. Fortunately there are many ways to obtain proxy (i.e., substitute) records for these missing data which can be used to determine the timing and magnitudes of past environmental changes. A variety of natural environmental archives can be used for tracking long-term environmental changes, although ice sheets and ocean and lake sediments are the most commonly used sources in Arctic regions. For example, ice cores drilled from polar ice sheets provide a wide spectrum of paleoenvironmental information, including trapped air bubbles

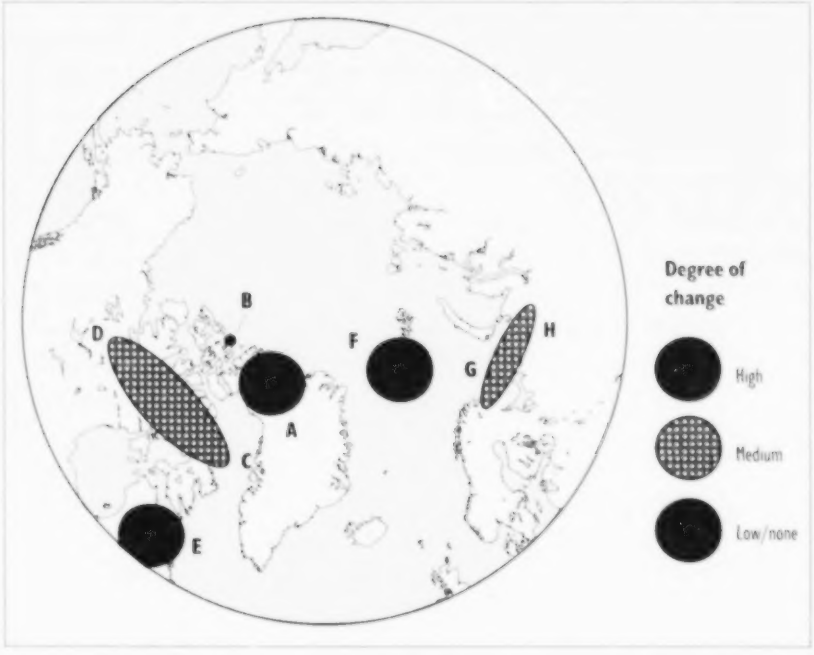


Figure 1
Circum-Arctic projection showing the degree of recent change in diatom assemblages in lake sediments since the early 1800s. Site locations A–H represent locations where paleolimnological analyses were conducted.
A: Ellesmere Island;
B: Ellef Ringnes Island;
C: Baffin Island;
D: Northwest Territories;
E: Northern Quebec;
F: Spitzbergen;
G: Finnish Lapland;
H: Polar Urals.
For further details refer to figure 1, Smol *et al.*, 2005.
Modified from Smol *et al.* (2005).

from which measurements of past atmospheric conditions can be measured, as well as records of past pollutants and climatic changes. In addition, sediment cores retrieved from ocean and lake basins provide additional archives of past environments, as microfossils and other indicators preserved within the mud matrix contain information regarding the environment at the time of deposition. The study of lake sediments, also known as paleolimnology, has proved to be a valuable and powerful tool in reconstructing past environmental conditions in polar regions (Pienitz *et al.*, 2004). In fact, readers of *Meridian* can refer back to the article by Wolfe *et al.* (2006) who used similar techniques to reconstruct past aquatic environmental conditions in the Peace-Athabasca delta ecosystem.

Dramatic environmental changes in lake sediments that could be linked to recent climatic warming were first reported from the east-central coast of Ellesmere Island in the mid-1990s (Douglas *et al.*, 1994). By studying algal microfossils called diatoms from the sediments of shallow ponds, it was shown that the freshwater ponds at Cape Herschel experienced unprecedented shifts in algal community structure, and that these were likely the result of warming. Diatoms are excellent microfossils to use in paleolimnological analyses as their cell walls are made of glass and so they preserve well in the sediments. Different species, which can be identified based upon the ornamentation of their sculpted glass cell walls, are characterized by different ecological optima. Hence, when identified in sediments, the environmental conditions at the time of deposition can be inferred based upon the diatom species present.

On Ellesmere Island, the diatom assemblages revealed surprising results: for over several thousands of years, only a handful of species had thrived. However, beginning in the 1800s, that assemblage had been replaced by one with higher diversity and with species indicative of warmer environments. Using radiometric dating techniques, such as ^{210}Pb, it was possible to determine the approximate timing of the change. Surprisingly, the assemblage change had occurred very quickly, likely in the period of less than a decade. An ecological threshold had been passed. Arguments that these species changes might have been caused by pollution, ozone depletion, poor microfossil preservation or coring artifacts could be discounted (Douglas *et al.*, 1994). Subsequent study of the present-day freshwater diatoms living in the Canadian Arctic revealed that the species inhabiting the ponds before the more recent changes took place were taxa characteristic of colder, more ice-covered environments. The timing and magnitude of the change indicated that a warming Arctic was likely related to these marked assemblage shifts (Douglas *et al.*, 1994).

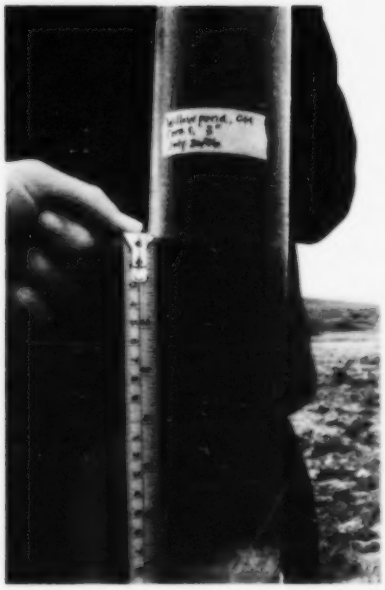


Figure 2
A short gravity core taken from a Cape Herschel pond, on Ellesmere Island. Photo: M.S.V. Douglas.

Over the course of the decade following the initial 1994 study, numerous researchers reported similar paleolimnological findings throughout the circum-Arctic. Not only were diatom assemblages across the Arctic showing similar trends, but similar concomitant shifts were being recorded in indicators higher up the food chain, such as by chironomid insects (Quinlan *et al.*, 2005) and other zooplankton, such as Cladocera. A meta-analysis of over 40 sediment profiles from across the circumpolar Arctic showed striking trends in many lakes and ponds (Smol *et al.*, 2005). Although the timing and magnitude of the environmental shifts varied according to geographic location (as expected from such a heterogeneous environment), several noticeable trends were observed. In general, the greatest shifts in species turn over were observed at the highest latitudes in the most sensitive (shallowest) sites, whereas less striking shifts were observed at lower latitudes (fig. 1). Regions which had not experienced similar magnitudes of warming (at the time of these studies), such as northern Quebec and Labrador, did not record significant shifts in diatom assemblages (fig. 1). Paleolimnological analyses provided a powerful and reliable means by which to track environmental changes.

Many of the environmental changes observed in the Arctic will likely be magnified as a result of cumulative impacts. For instance, the deposition of pollutants in the north may be accelerated and their effects exacerbated as a result of warming conditions. A large spectrum of persistent organic pollutants, for example, is transported to polar regions via air and water currents. However, once again, it is difficult to determine the history of deposition patterns of these pollutants without turning to the sedimentary record (Blais and Muir, 2001). One new area of research is the biotransport of contaminants via biological vectors (Blais *et al.*, 2007; Evenset *et al.*, 2004), such as sea birds. To use a recent Canadian example, Blais *et al.* (2005) examined the surficial sediments from several ponds on Devon

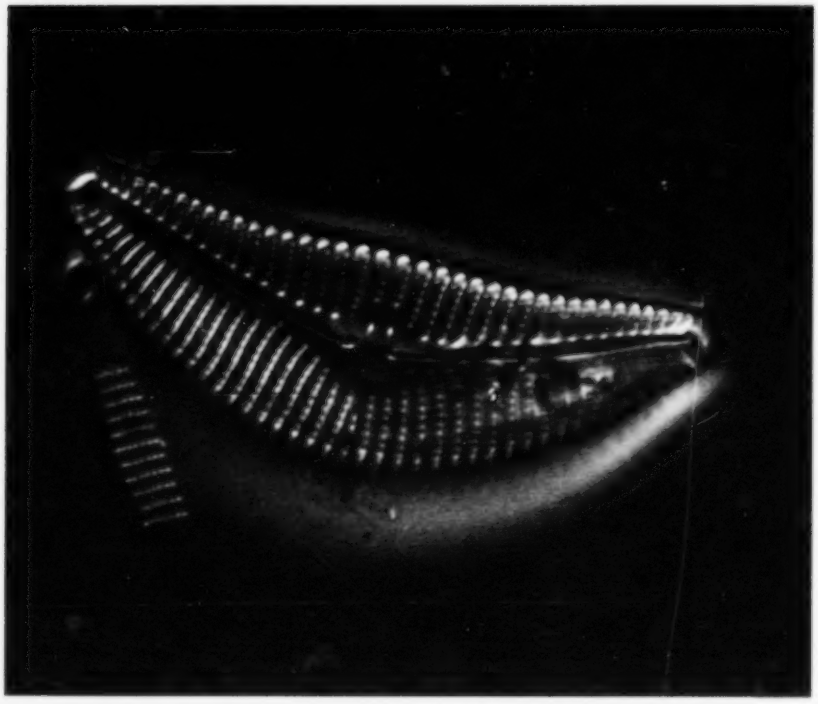


Figure 3
A diatom belonging to the genus Cymbella. Photo: Dermot Antoniades.

Island affected by different degrees of nesting bird influences. They showed that sediments sampled closest to the source of the nesting birds had the highest levels of contaminants. In order to determine the timing and rates of contaminant deposition in this area, sediment cores are now being examined to provide a temporal perspective for these contaminant studies (study in progress).

Although many environmental changes have been noted by people living in the North, these indicators are largely macroscopic, *i.e.* the conclusion is based upon changes that can be readily observed, such as the range extension of various birds and insects, the reduction in sea ice thickness and extent and so forth. In order to extend the monitoring window back in time, however, we have to dovetail these observations with proxy data preserved in geological records, such as paleolimnology.

Marianne S.V. Douglas is Director of the Canadian Circumpolar Institute and Professor in the Department of Earth and Atmospheric Sciences at the University of Alberta. John P. Smol is Professor in the Department of Biology at Queen's University and a Fellow of the Royal Society of Canada. He holds a Canada Research Chair in Environmental Change.

References

ACIA. 2004. Impacts of a warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press. www.acia.uaf.edu.

Blais, J.M., and D.C.G. Muir. 2001. Paleolimnological methods and applications for persistent organic pollutants. In W.M. Last and J.P. Smol (eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 2: Physical and Geochemical Methods*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 271–298.

Blais, J.M., L.E. Kimpe, D. McMahon, B.E. Keatley, M.L. Mallory, M.S.V. Douglas and J.P. Smol. 2005. Arctic seabirds transport marine-derived contaminants. *Science* 309: 445.

Blais, J.M., R.W. Macdonald, D. Mackay, E. Webster, C. Harvey and J.P. Smol. 2007. Biologically mediated transport of contaminants to aquatic ecosystems. *Environmental Science & Technology* 41: 1075–1084.

Douglas, M.S.V., J.P. Smol and W. Blake Jr., 1994. Marked post-18th century environmental change in high-arctic ecosystems. *Science* 266: 416–419.

Evenset, A., G.N. Christensen, T. Skotvold, E. Fjeld, M. Schlabach, E. Wartena and D. Gregor. 2004. A comparison of organic contaminants in two high Arctic lake ecosystems, Bjørnøya (Bear Island), Norway. *Science of the Total Environment* 318: 125–141.

Pienitz, R., M.S.V. Douglas and J.P. Smol (eds.), 2004. *Long-Term Environmental Change in Arctic and Antarctic Lakes*. Springer, Dordrecht.

Quinlan, R., M.S.V. Douglas and J.P. Smol, 2005. Food web changes in Arctic ecosystems related to climate warming. *Global Change Biology* 11: 1381–1386.

Smol, J.P., A.P. Wolfe, H.J.B Birks, M.S.V. Douglas, V.J. Jones, A. Korhola, R. Pienitz, K. Rühland, S. Sorvari, D. Antoniades, S.J. Brooks, M-A. Fallu, M. Hughes, B.E. Keatley, T.E. Laing, N. Michelutti, L. Nazarova, M. Nyman, A.M. Paterson, B. Perren, R. Quinlan, M. Rautio, E. Saulnier-Talbot, S. Siitonen, N. Solovieva and J. Weckström, 2005. Climate-driven regime shifts in the biological communities of arctic lakes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102: 4397–4402.

Wolfe, B.B., R.I. Hall and T.W.D. Edwards, 2006. Assessing the status of the Peace-Athabasca delta ecosystem: challenging the paradigm from a paleoenvironmental perspective. *Meridian* Fall/Winter 2006, pp. 7–12.

ARCTIC AQUATIC ECOSYSTEM RESEARCH: PRESENT AND FUTURE

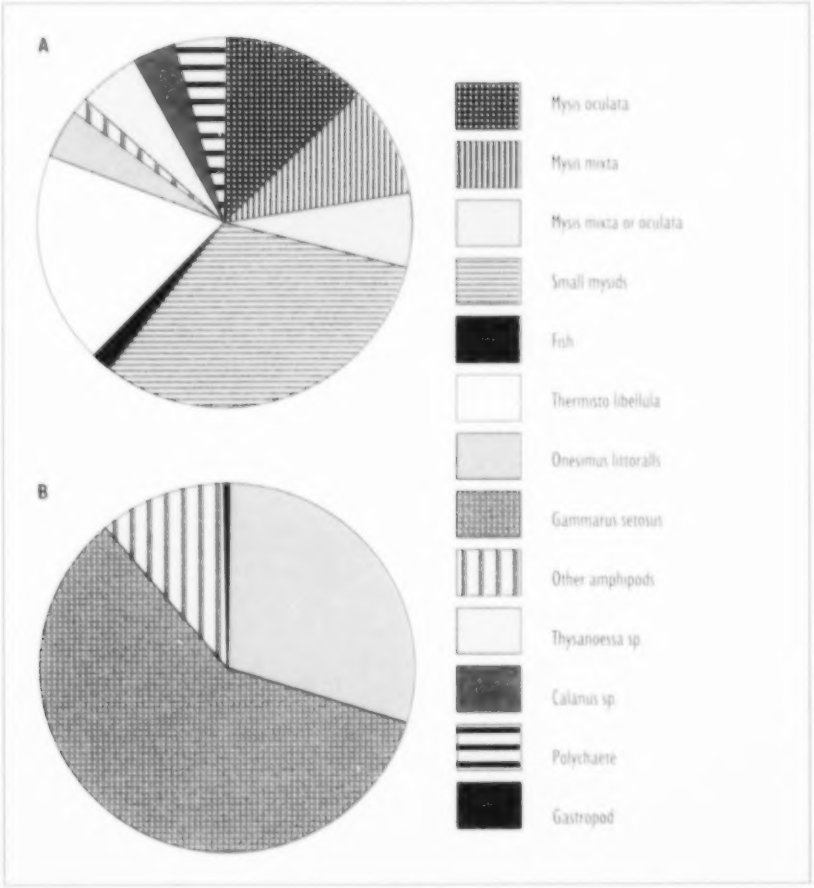
Terry A. Dick and Colin P. Gallagher

INTRODUCTION

Global warming and resource extraction will both have major impacts on arctic aquatic ecosystems, and substantial baseline data is still needed on most of these systems. Much of our research deals with freshwater and marine ecosystems, particularly food webs and trophic feeding of fish. As we discussed the importance of arctic marine fish food webs in a previous *Meridian* article (Dick and Chambers, 2005) it will not be presented in detail here. However, based on our research to date, some general conclusions can be made: arctic marine food webs appear to be a continuum with loss of species northward (Chambers and Dick, 2006); the physical oceanic variables can be correlated with fish species distribution (Jorgensen *et al.*, 2005; Chambers and Dick, 2006); and the traditional guild approach to describe trophic structure of fish communities does not appear to adequately describe arctic marine systems (Chambers and Dick, 2006).

This report deals with the results of research in arctic estuaries, freshwater lakes, and streams, from the viewpoint of energy sources and habitat use by fish. It also discusses our collaborations with Nunavut Arctic College.

Figure 1
Percent frequency of food items in Arctic char from the A) Sylvia Grinnell River and B) shorthorn sculpin from Peterhead Inlet and Sylvia Grinnell River.



INSHORE AND ESTUARY FISH COMMUNITIES

The inshore and estuary arctic char subsistence fisheries are important to many arctic communities (Dick and Chambers, 2005). While there is some information on the status of the fish stocks in these areas there is much less on the inshore fish community with respect to habitat use, competition – both intraspecific (between fish of the same species) and interspecific (between fish species) – and on fish environment interactions. We have completed a series of studies on two of the most important fish species in the inshore area of Frobisher Bay near Iqaluit. These have evaluated the biology, growth, food habits, parasites and stable isotopes of arctic char (*Salvelinus alpinus*) and shorthorn sculpin (*Myoxocephalus scorpius*) to establish baseline information prior to the anticipated influences of global warming.

Anadromous arctic char obtain most of their energy during the short arctic summer while feeding in the ocean in the pelagic (open water) zone. Shorthorn sculpin remain in the ocean year-round and obtain their food mostly in the benthic (ocean bottom) zone. Our data so far shows that overlap in energy requirements and interspecific competition is low between char and shorthorn sculpin (fig. 1) but we predict that alien species invasions will lead to more competition for food and space.

A predictive energy model for fish in changing arctic marine systems requires assessment of the energy costs for basic metabolic needs and growth, as well as methods to determine linkages between physical changes in the marine environment and biota, including fish behaviour and feeding patterns. We are building on our current data on growth, energy inputs, and

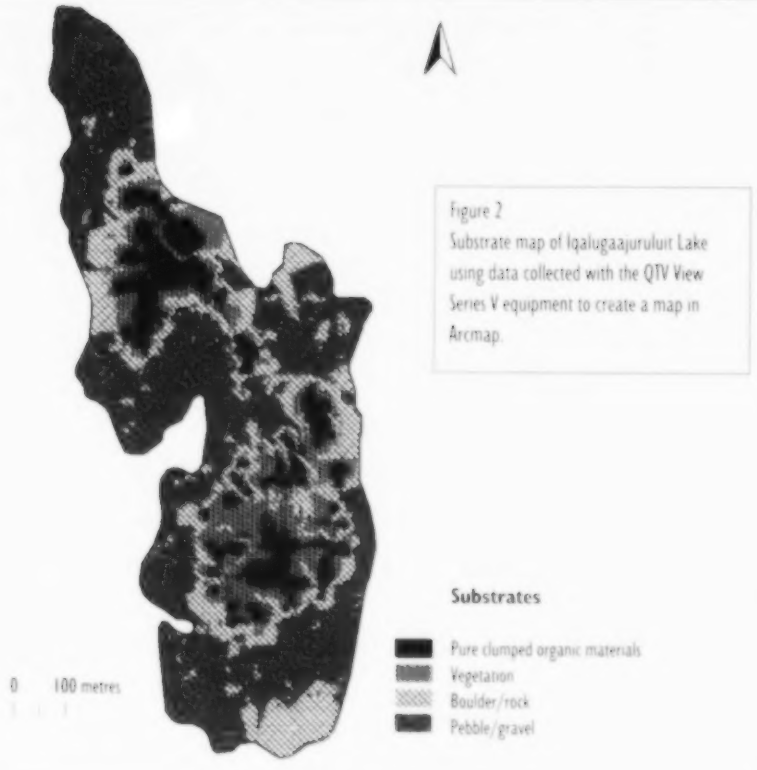


Figure 2
Substrate map of Iqalugaajuruluit Lake using data collected with the QTV View Series V equipment to create a map in Arcmap.

food quality, where we have determined the total energy content of food and completed proximate analysis (chemical analysis of the main constituents of food) on key food items.

The energy model will apply to inshore estuarine fisheries throughout the Arctic. It should eventually be able to evaluate food (energy availability), competition (invasion by alien species) and impact of changes in abiotic variables (temperature, salinity, oxygen, currents) on fish movements. We hypothesize that the way fish respond at the local scale to changing environments such as tides – where salinity and temperature can change by the hour – will have direct relevance to the open ocean, where physical changes from global warming will occur more slowly. Furthermore, the preferred temperature and salinity is directly relevant to our energy models for fish growth and time to reach sexual maturity. We also hypothesize that while there is little competition for food today, when alien species arrive they will compete for food and space with arctic char – which is a poor competitor and will likely lose out. Food is important to optimal growth, but char's interactions with the physical environment will also be crucial to assuring its future success in the marine environment.

New research tools – long-lived acoustic tags and long-lived remotely downloaded receivers – have been developed to aid studies of fish movements. These, combined with the ability to record the habits of an individual fish, will allow major advances in understanding how a fish interacts with its environment, in real time. We have tested these tools in freshwater systems, for arctic char in Iqalugaajuruluit Lake on Baffin Island, and with lake trout (*Salvelinus namaycush*) in Chitty Lake, NWT, using acoustically tagged fish with sensors that can measure location, depth, and water temperature. Other acoustic technologies are used to map lake depth and the substrate types on the lake bottom (fig. 2). Figure 3 shows the diurnal movements of lake trout under the ice in Chitty Lake (Dick *et al.*, 2005). This movement is related to photoperiod and feeding.

FRESH WATER SYSTEMS

Small arctic lakes are generally considered to be nutrient-poor environments with simple fish communities, and the most widely distributed species is arctic char, regardless of lake size. Moreover, most arctic lakes are small with high volume-to-area ratios and are less likely to be dominated by one habitat type (see map of substrate in Iqalugaajuruluit Lake, fig. 2). Although lake systems are often studied as separate entities – the pelagic, benthic and riparian (shoreline) habitats – there are strong linkages among them (Schindler and Scheuerell, 2002). We hypothesize that these small arctic lakes are coupled by physical, chemical, and biological processes and that fishes reveal connections across habitat types.

We have studied trophic structure (the pattern of eating in an ecosystem) in small arctic lakes by describing the interactions of arctic char and ninespine stickleback to determine the sources of the energy going into the lake and the flow of that energy through the fish community. These studies include the type of food consumed, parasites (indicators of food consumption since some parasites are transmitted through food and, as pathogens, may be population regulators) stable isotopes as indicators of food consumed, and the interaction and movements of arctic char with its physical environment.

Despite a substantial published literature on the use of stable isotopes to describe trophic structure of fish communities, interpretation is problematic: more controlled experiments are needed to determine the

factors affecting stable isotopes ratios of carbon and nitrogen (Hesslein *et al.*, 1993). A series of laboratory experiments were designed to determine the time to reach a new half-life for a stable isotope and a new equilibrium after a diet switch, using young-of-the-year arctic char. Stable isotope ratios for $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ reached equilibrium as early as the 56th day after the first feed. The half-life of $\delta^{15}N$ isotopes were calculated at 43.4 and 52.3, and for $\delta^{13}C$ half-life at 24.6 and 29.0 days for char fed diets of blood worm and frozen adult brine shrimp, respectively. The time to reach the half-life and new stable isotope equilibrium was related to growth, with the young fast-growing char having the shortest half-life. Young-of-the-year char that did not grow but maintained their initial body weight throughout the growth trial had calculated half-lives for $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ at over 700 days (Isinguzo *et al.*, 2006). We agree with Hesslein *et al.* (1993) that old slow-growing fish may take several years to reach new stable isotope equilibrium if the diet is switched, but the nutritional state of an individual wild fish is equally important to its trophic status. Furthermore, proximate analysis, stable isotope, and growth data from diet-switching experiments suggests that the absolute amount of fat and the relative amount of fat to protein may be important in predicting the time it takes to shift to new stable isotope equilibrium, especially for cold water species. Caution is clearly required when using stable isotope to describe trophic structure and natural food webs in aquatic systems where little other biological data is collected.

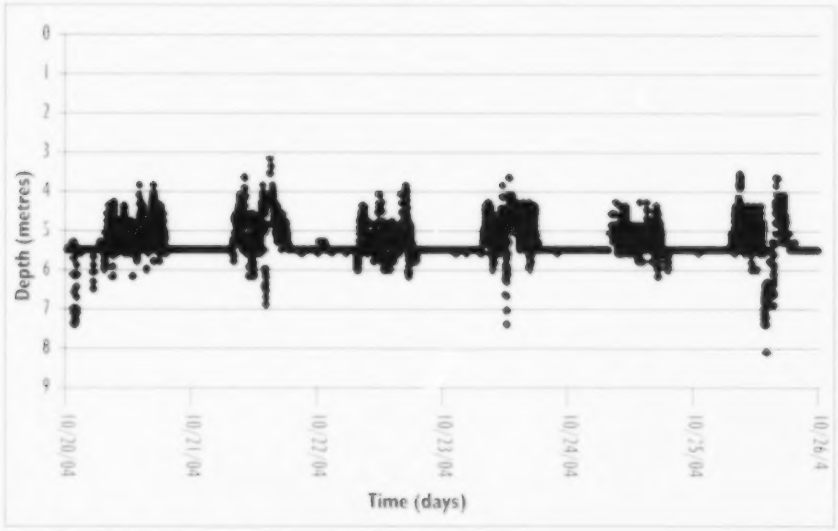


Figure 3
Diurnal movements of lake trout fitted with a Vemco pressure tag and data collected under the ice with a Vemco VR2 receiver.

As char eat mostly benthic invertebrates when in freshwater arctic lakes, zooplankton is generally considered of minimal importance as an energy source. Our data indicates that zooplankton is an important food source for ninespine stickleback, which is in turn consumed by char – indicating habitat coupling. Furthermore, our data and that of Karlsson and Bystrom (2005) indicate that the littoral zone is a key source of

Figure 4
Students from Nunavut Arctic College preparing data logger to monitor temperature and pressure (depth) over a tidal cycle. A) enlargement of a data logger. Photo: T. Dick.

Figure 5
Students from Nunavut Arctic College using a portable acoustic flow meter to measure current across a stream bed so that total stream flow can be calculated. Photo: T. Dick

energy input to these small lakes and this inshore habitat is coupled with the pelagic habitat through fish movements and feeding. Piscivory (eating other fish species) and cannibalism by large char is an important use of energy in the lake. Our data on char movements and habitat mapping studies indicate that large char make extensive use of a small portion of the lake correlated with temperature and depth. We speculate that this unique area – 3.5% of total lake volume – may become limiting habitat for arctic char if warmer summers reduce the extent of cooler water with adequate oxygen in these small lakes (Dick *et al.* 2006).

The way in which landlocked char interact with their lacustrine habitat is not well known. To document arctic char movement we collected acoustic data from the lake bottom using sonar-based hydrographic survey (QINAVIEW, Series V) to determine substrate types and to map these substrates in a Geographic Information System (GIS). We gathered data on char movements during the open water period by underwater acoustic telemetry, collecting data from acoustically tagged fish with strategically placed VR2 receivers (VEMCO). To increase the resolution of the acoustic tagging, we carried out system multivariate analysis (CCA) to show that the detection of char by different acoustic receivers was aggregated and therefore localized in the lake (Dick *et al.* 2006).

In Iqaluggaarjuup Lake the distribution of tagged char depended on the size of the fish and was related to abiotic factors such as substrate type, depth, and water temperature. Large char (over 400 mm) may be limited to areas colder than 6°C during the open water period in small arctic lakes. The char distributions appear to be related to feeding types: large piscivorous char are found most often in the deepest water over soft substrates while smaller char, which feed on invertebrates and fish, are most common over boulders, pebbles and gravel.

EDUCATION

We work closely with the Nunavut Arctic College, incorporating our research findings into the teaching program to cover such topics as fisheries management, marine

Figure 6
Students from Nunavut Arctic College using ice auger to prepare opening for zooplankton collections and in situ physical readings during the Environmental Technology Program winter field course. Photo: T. Dick

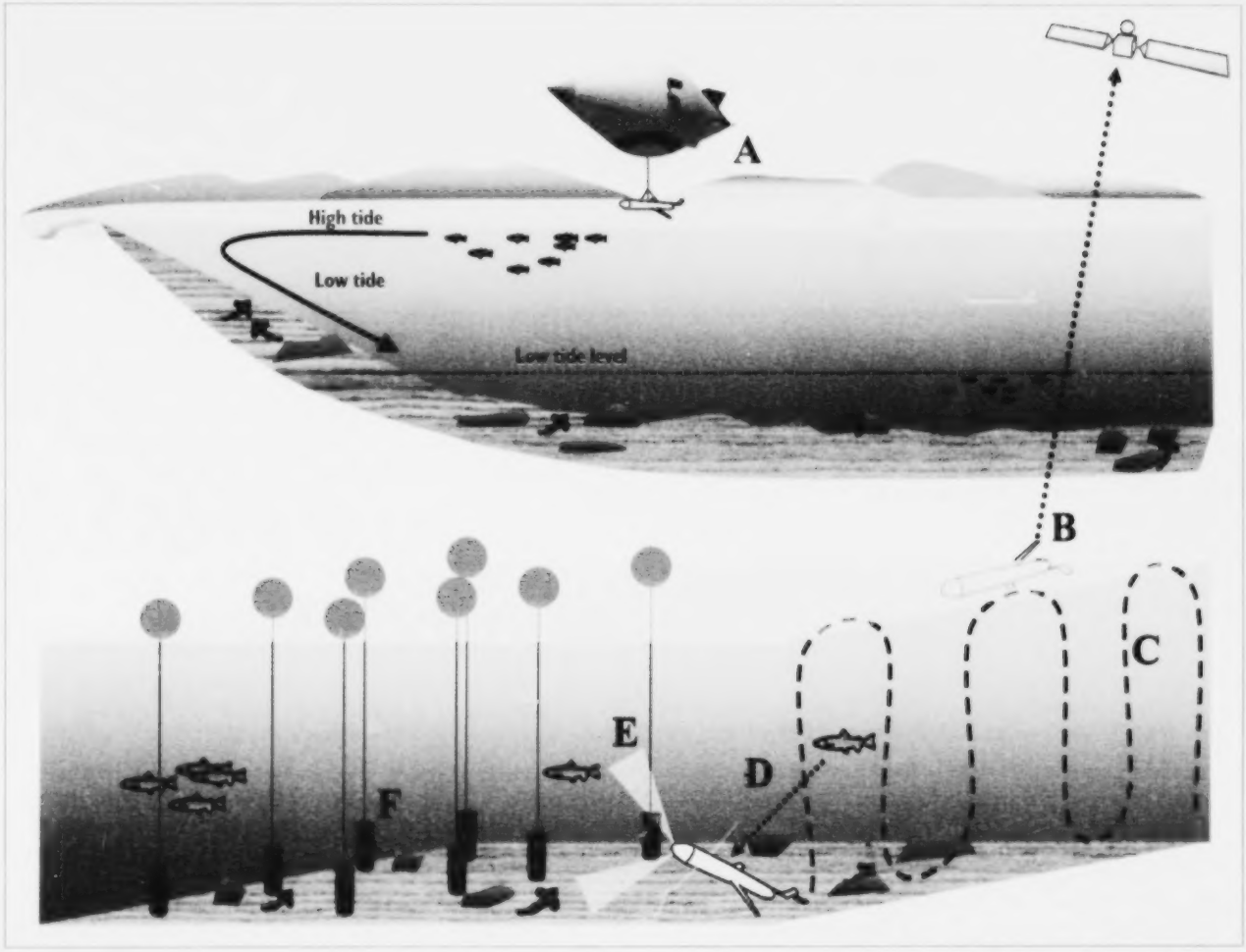


Figure 7
Future studies on fish/environmental interactions. The collection of data using passive receivers is time-consuming, and since large numbers of receivers are required, due to the limited detection range, costs are high. The mobile dive glider simultaneously collects data on physical variables in the ocean and on the location of tagged fish. The dive glider is programmable, allowing repeated passes over an extended area, under the ice, at the floe edge, and in remote areas where data can be transferred to satellites. The airship allows access to remote locations year round enabling deployment of the glider to polynyas in the winter, to any location during ice breakup, and at the ice floe edge at any time of year.

A: Airship deploying a dive glider.
B: Transferring data from dive glider to satellite and correction of dive glider position by GPS.
C: Sensors in the dive glider record temperature, pressure, salinity and oxygen as it moves through a programmed path in the ocean.
D: Downloading data on pressure, temperature and location from acoustic tags implanted in a fish.
E: Detection of fish by direction and distance from dive glider.
F: Passive detection system to verify accuracy of fish detected by the dive glider.

biology, stream ecology and limnology. Students during the fall field camp at Peterhead Inlet collect physical data from the ocean using data loggers (fig. 4) and assess and monitor stream ecology as it relates to substrate, stream flow (fig. 5) and identification of stream biota. Methods have been standardized so that each class collects the same data. The objective is to combine our research interests in juvenile fish habitat and food availability in streams with the establishment of long-term arctic stream reference data sets that reside at Nunavut Arctic College and the Nunavut Research Institute.

Through the winter field teaching program at Nunavut College (fig. 6) we have developed ways to keep equipment operational and collect data at very low temperatures. In lectures we discuss our data from the small lakes on fish community structure, trophic feeding, char movements (fig. 3), substrate mapping (fig. 2) and energy flow.

FUTURE RESEARCH

One aspect of our future research deals with fish environmental interactions. Initial studies will be done in the Iqaluit area as it is readily accessible, college students are available, and knowledge can be transferred quickly to the college and the community as

a whole. We will use passive acoustic receivers as well as mobile dive gliders (fig. 7). Initially, acoustic receivers will be set up in a grid to detect small-scale fish movements (5–10 km) and record local hydrographic data. Focusing on arctic char and shorthorn sculpin, we aim to determine how fish respond to tidal movements, where they feed in the water column, their location relative to temperature and salinity gradients as tides rise and fall; and whether fish movements are largely passive or whether there is an energy cost associated with tidal movements.

This research will take place in the marine environment at depths between 5 to 30 m. The initial studies will evaluate fish movements on a coarse scale within a 100 km^2 area. This will then be reduced to 1 km^2 areas as key activity sites are located, especially for the shorthorn sculpin. Substrates will be mapped using the QTCVIEW series V (fig. 2).

Data will be collected simultaneously from passive receivers and a dive glider (fig. 7). Two hydrophone ports will be placed into the dive glider, which is a mobile unit capable of moving to specific locations and depths occupying controlled spatial and temporal grids. Powered by alkaline batteries and programmable, this versatile and manoeuverable device can carry customized sensors and operate for 15 to 30 days at a time (fig. 7). It positions itself by dead reckoning, periodically surfacing to correct its location by global positioning system (GPS).

Individual char movements will be measured in the estuary at Iqaluit and at the same time physical data will be collected from the environment. The glider will record temperature, conductivity, depth, oxygen, and current, both vertically and horizontally, with high resolution. The dive glider will initially operate during 12–24 hour intervals to coincide with the tide cycle, after which data will be downloaded and the batteries changed.

This data on fish movements will provide information on areas of highest fish activity by both species. Research will then focus on fine-scale interactions of the fish with their environment in these areas, including movements of male and female shorthorn sculpin around the brooding areas (nests), the vertical movements of Arctic char in the water column as tides change, and the questions of what the two fish species feed on during the tidal cycle, when, and where.

This research will of course enable us to field-test equipment, but it will also add to our understanding of energy budgets for fish movements during daily and seasonal tidal shifts, energy costs to protect offspring by sculpins, and energy costs associated with predator avoidance. It will also reveal how fish respond to changing physical variables in the ocean. The data, when combined with information on the total energy of the food consumed and food item quality (proximate analysis), will form the basis of new energy models to predict the responses of marine fishes to large-scale environmental changes.

Terry Dick is Professor in the Department of Zoology, University of Manitoba, and Natural Sciences and Engineering Research Council Northern Chair. Colin Gallagher is a senior research technician with extensive Arctic experience.

References

Chambers, Chandra, and Terry A. Dick, 2005. Trophic structure of one Deep-Sea Benthic Fish community in the Eastern Canadian Arctic: application of food, parasites and multivariate analysis. *Environmental Biology Fish*, 74: 365–378.

Chambers, Chandra, and Terry A. Dick, 2006. Using environmental variables to predict the structure of deep-sea Arctic fish communities: implications for food web construction. *Arctic Antarctic and Alpine Research*, 39: 1–7.

Dick, Terry A., Colin Gallagher and Aiihui Yang, 2005. Lake Trout Movements and Habitat Use in a Small Northern Lake. Second North American Lake Trout Symposium, Yellowknife (in press).

Dick, Terry A., and Chandra Chambers, 2005. Fishing in Canadian Arctic marine waters: a need for national policies and priorities. *Meridian*, Spring-Summer 2005, pp 1–5.

Dick, Terry A., Colin P. Gallagher and Aihui Yang, 2006. Movements of acoustically tagged Arctic char (*Salvelinus alpinus*) in a small Arctic lake (Iqalugaajuruluit), Baffin Island. *Hydrobiologia* (submitted).

Hesslein, R.H., K.A. Hallard and P.Ramlal, 1993. Replacement of sulfur, carbon, and nitrogen in tissue of growing broad whitefish (*Coregonus nasus*) in response to a change in diet traced by $\delta^{34}S$, $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50: 2071–2076.

Karlsson, J., and P. Bystrom, 2005. Littoral energy mobilization dominates energy supply for top consumers in subarctic lakes. *Limnology and Oceanography*, 50: 538–543.

Isinguzo, Ike, Colin P. Gallagher and Terry A. Dick, 2006. Food particle size, growth and stable isotope signatures of young-of-the-year Arctic char under experimental conditions. *Environmental Biology Fish* (submitted).

Jorgensen, O.A., C. Hvingel, P.R. Moller and M.A. Treble, 2005. Identification and mapping of bottom fish assemblages in Davis Strait and southern Baffin Bay. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62: 1833–1852.

Schindler, Daniel and Mark D. Scheuerel, 2002. Habitat coupling in lake ecosystems. *Oikos.*, 98: 177–189.

CANADIAN BOREAL FOREST DYNAMICS IN A TIME OF GLOBAL CHANGE

Serge Payette

The Northern Research Chair on the Ecology of Forest Disturbances (www.chairenordique.crsng.ulaval.ca) was created in 2003 with the support of the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC), and in cooperation with the Kativik Regional Government, the Cree Regional Authority, the Ouranos Consortium on Climate Change, and Hydro-Quebec. The Chair focuses on the evolution of northern terrestrial ecosystem stability as it relates to natural and human-induced disturbances, in the context of past, current, and future climate changes. Activities so far have enabled the mentoring and training of master's and doctoral students in the group's two main areas of interest: the dynamics of natural and human-induced disturbances in the northern forest, and the restoration of disturbed sites in Quebec's mid-north and Nunavik.

A cooperation agreement on disturbed site restoration with the Cree Regional Authority and the east Hudson Bay Cree village of Whapmagoostui has enabled development of a plan for stabilizing and restoring damaged areas. Leading this work is Stephane Boudreau, who was recently recruited to the Chair's academic program. He supervises Ian Boucher and Alexis Deshaies, master's students who spend a considerable amount of time in Whapmagoostui. Cree students from the village are receiving technical and scientific training as research assistants as part of the program in restoration research.

Other Chair restoration projects near Kuujjuaq have been led by Yves Begin, director of Laval's Centre d'etudes nordiques. We expect to become even more involved in site restoration through the study of natural ecological succession in sites disturbed decades ago by mining activity or hydro construction.

The Kativik Regional Government, based in Kuujjuaq, has contributed part of the funding for another major multi-year project: an illustrated Flora for Quebec and Labrador north of the 54th parallel. This work will include the botanic and biogeographic descriptions of the approximately 800 vascular taxa of the region. Distribution maps for each have been developed using northern Quebec-Labrador specimens from the main herbaria of Eastern Canada and from the Gray Herbarium in Boston. The many botanists on our team have properly identified all specimens and are participating in the development of identification keys and descriptions for each taxon. Label information has been incorporated into a database of over 90,000 specimens. The Flora will have many uses in natural science including the creation of a database on the state of biodiversity, the status of vulnerable or threatened species in the region, climate change impacts, the distribution of native species, invading species, and the range dynamics of taxa sensitive to change. This project works closely with the Louis-Marie Herbarium at Universite Laval.

Through the Chair we have created a diversified research program in spatiotemporal dynamics of the boreal forest, one of the planet's principal forests and certainly the most important in North America. The research is based on the hypothesis that natural disturbances – climatic changes and fire – have influenced the fundamental nature of the boreal forest over both time and space since the time of deglaciation. It is ultimately through disturbances, sometimes occurring in isolation and at other times coming all at once, that the characteristic boreal forest stands develop, thrive, alter, and disappear.

Across Canada from east to west – from Newfoundland to the Yukon – the boreal forest forms a vast biome composed of three main vegetation zones: the closed-crown forest zone, the open-crown forest zone (lichen woodland), and the tundra forest zone (fig. 1). The southernmost part of the boreal forest is in contact with the eastern deciduous forest, the central part borders on the Prairies, and the western edge touches the cordilleran vegetation of the Rockies. Its northernmost boundary, stretching from Labrador to the Yukon, is the arctic tundra.

Our research involves mainly eastern Canada, from Hudson Bay to the Labrador coast. Focusing on the origins of today's boreal forest, we are testing the hypothesis that fire was the agent of change over the last few millennia, during which climate changes also likely occurred. Fire affects the structure, botanic composition, and functioning of the boreal forest, as several researchers have demonstrated (Johnson, 1992; Payette, 1992; Stocks *et al.*, 1998; Arsenault, 2001; Bergeron *et al.*, 2004). We are looking at the origin and dynamics of the three principle zones of the boreal forest in eastern Canada through a number of basic and practical research projects. Most deal with ecological and paleoecological analysis of the forest tundra, the most northerly and coldest zone, where we have observed that the forest has been retreating for several millennia, especially over the last 1000 years.

Master's student Sarah Auger is examining the structure of millennial forests on the treeline. Here we can speak of 'gerontoecology', for these lichen woodlands –

which are virtually ignored in the scientific literature – are ancient and stable ecosystems. They are also vulnerable to the deadly mix of fire and climatic cooling, which together can destroy a thousand-year-old forest in a single blow. A catastrophic fire does not change the position of the treeline; what occurs, rather, is the systematic deforestation of the northern part of the forest zone.

Our work on forest regeneration potential has revealed a 7% loss in boreal forest area in northern Quebec-Labrador. When depicted on a graph, loss of forest cover (forest in this case means lichen woodland) in the forest tundra zone from its southern limit (which is also the northern limit of the open-crown forest zone) to its northern boundary (the treeline) shows a logarithmic pattern: the rate of deforestation of forest tundra zone as a function of latitude is higher in the southern than the northern area. This, noted in a recent study (Payette *et al.*, 2001), led us to undertake a series of projects on the latitudinal distribution and origin of the main forests of the biome, in order to improve our understanding of the dynamics of the three principal boreal forest zones. Together, these projects represent a detailed spatiotemporal analysis of the distribution and abundance of the open-crown forest.

Using open-crown forest distribution data for the forest tundra zone (Payette *et al.*, 2001) we analysed the southern section of the lichen woodland range inside the closed-crown forest zone, which consists of feathermoss spruce forests. This research, part of François Girard's doctoral thesis (co-supervised with Réjean Gagnon of the Université du Québec à Chicoutimi), defines the distribution and abundance of the open forest from its southern limit to the open-crown forest zone proper.

In the closed-crown forest zone, abundance and distribution from south to north is the reverse of the forest-tundra pattern. Open-crown forest distribution over the entire boreal forest biome shows a bell curve, suggesting post-fire forest regeneration success. If this is correct, the gains of the open-crown forest at the expense of the closed-crown forest within the closed-forest zone illustrate the vulnerability of the closed-crown forest to fire, the most common disturbance in the boreal forest.

The origin and dynamics of the closed-crown forest is being analyzed by master's student Stefanie Pollock. Her study, twinned with François Girard's project, confirms that the closed-crown forest is shrinking. Fires in the boreal forest consume very little of the surface organic layer, which is an unfavourable environment for seed germination of black spruce (*Picea mariana*). Here again, closed-crown forest distribution and latitude follow a logarithmic relationship in the northern area, suggesting greater forest loss there.

Figure 1

We are now developing a spatiotemporal dynamic model for vegetation zones in the boreal forest biome, based on the bell-curve distribution of each zone and of its dominant stands. This model is the basis for other Northern Chair projects on the white birch (*Betula papyrifera*) – balsam fir (*Abies balsamea*) forest which is the southernmost boreal stand, found in the wet areas of the closed-crown forest zone in eastern North America, and on its main companion species, white spruce (*Picea glauca*).

A good deal of advancing and retreating went on in the boreal forest during the Holocene, as fire played havoc with the distribution of tree species. The boreal fir stand probably retreated in much the same way it does now in the closed-crown forest, its disappearance and replacement *in situ* marked by white birch groves and white spruce forests. This Holocene transition from fir stand to white spruce forest, especially in the subalpine region, is the subject of Guillaume de Lafontaine's doctoral research. His project includes a phylogeographic analysis of white spruce stands to test the hypothesis of the creation of the sub-alpine spruce forest from genetic stock originating in a source boreal fir stand. The inability of balsam fir to regenerate in the subarctic and subalpine conditions that emerged during the upper Holocene would have favoured the hardier white spruce, which, like balsam fir, reproduces sexually. The only white spruce forests in the Quebec-Labrador interior live under subalpine conditions, and as a function of altitude they are found in both the closed-crown and open-crown forest zones. Otherwise, these forests inhabit the maritime coasts: James Bay, Hudson Bay, Ungava Bay, and the Labrador Sea.

We have other projects looking at white spruce migration and expansion over the last few centuries in response to climatic changes. A post-doctoral project by Marco Caccianiga, now professor of ecology at the University of Milan, focuses on white spruce expansion along the Hudson Bay coast over the last 400 years. Ann-Catherine Laliberte's master's work examined primary succession along the Hudson Bay coast. That coast has been emerging at the rate of 1.2 m per century; Ann-Catherine's research revealed a 400-year long formation period for the primary forest, which consists essentially of white spruce (lichen woodland). Trees in the maritime forest are generally no more than 50 years old. We are also interested in white spruce ecology on the high plateaus of Quebec-Labrador and in the Torngat-Kaumajet-Kiglapait mountain ranges along the Labrador coast. Our most recent data reveal the surprising fact that white spruce is still undergoing post-glacial migration in this region: the rugged terrain around the immense Labrador fiords has slowed the species' northward progression. White spruce is expanding in the alpine tundra of Napaktok Bay, site of Labrador's most northerly forest, while on the high interior plateaus the treeline has retreated about 15 metres since the 19th century.

Peatlands occupy about 15% of the boreal forest, the same proportion they occupy over the entire biome in North America and Eurasia. The Northern Chair program is studying these through several projects financed by NSERC, the Ouranos Consortium, and Hydro-Québec. Two doctoral students are working exclusively on structured minerotrophic peatlands, studying the ecology of the aquatic component – pools of varying size and shape – in the context of climate change. Yann Arlen-Pouliot is looking at the origin and long-term dynamics of these pools, starting from the hypothesis that they form in a linear pattern as part of the natural cycle of microtopographic development, but that their number and size are linked closely to climatic changes, especially increased precipitation since the 19th century. Fine stratigraphic analysis of peat deposits and dendroecological analysis of living trees and subfossils are used to test this hypothesis. Maria Dissanka (co-supervised by Monique Bernier of the Institut national de la recherche scientifique, secteur Eau, Terre & Environnement [INRS-ETE]) is using Quickbird satellite images to evaluate quantitative changes over the past 50 years in the aquatic component of patterned fens. The increase in area occupied by pools is driven by aqualysis, a neologism that refers to the process of fen vegetation cover destruction by submersion from an exposed water table. Peatland aqualysis is particularly widespread in the fens of the James Bay region. Our study on the aqualysis of minerotrophic peatlands is an original contribution of the Northern Chair; the conclusions reached will be useful in the study of similar peatlands throughout North America and Eurasia in the global context of climate changes and their links to precipitation regimes.

We are studying several climatic aspects of ombotrophic peatlands, which are at their northern limit in the James Bay region. These *Sphagnum* bogs contain eastern Canada's most northerly permafrost islets, which Simon Thibault is studying for his master's research. We have shown that the permafrost in these wetlands has deteriorated considerably, apparently because of 20th-century climatic warming – particularly in the last 15 years when the average annual temperature has risen at least 2°C and precipitation has been above the 30-year average. Detailed measurements of permafrost thickness taken in mid-October 2004 and 2005 indicate the presence of marginal permafrost no more than 50 cm thick. Mapping permafrost and permafrost evidence (thermokarst depressions) shows that the permafrost limit has retreated 130 km over recent decades in the James Bay area. Added to this are the recurrent effects of fire on bog

vegetation in this region, which is one of the most fire-prone in eastern Canada. A stratigraphic study of fires recorded in peat deposits in bogs by master's student Gabriel Magnan (co-supervised by Martin Lavioe, professor of geography at Laval and a Northern Chair collaborator) is working on demonstrating the synergistic effect on fire propagation of vegetation type and climate.

Subarctic permafrost dynamics are also being studied, especially in the Boniface region where the Chair team has a permanent research camp providing proper logistics for student work. Several permafrost projects are under way in this area. Master's student Sheila Vallee studied the evolution of riparian permafrost (which is scattered along the riverbed and banks of the Boniface) over the past 50 years, and recorded a 23% reduction in the area occupied by mineral palsas (mounds of perennially frozen peat and mineral soil). The area has the highest palsas in the circumboreal world – over seven metres high and several hundred square metres in area. They are being studied in detail by master's student Sebastien Cyr who has determined that they are over 1000 years old and are slowly but progressively breaking down because of 20th-century climate warming.

Several structuring research projects will be launched this year dealing with boreal forest stability in the face of natural disturbances (climate and fire) and man-made disturbances (logging), in light of the march northward of the forest industry. The Northern Chair is interested in collaborating with Nunavik residents to evaluate the impact of forestry practices on tree regeneration. Research on northern ecosystem biodiversity in relation to disturbance type and regime is planned for this year; by summer we will establish a long-term ecological monitoring network on the evolution of alpine tundra on selected high summits ranging from the southern limit of the closed-crown forest up to the edge of the forest tundra. Detailed analysis of floral diversity (vascular and cryptogram) at the alpine sites, as well as of vegetation and soils, will aim to identify ecological changes directly relevant to the anticipated impact of climate changes in the boreal forest. Particular attention will be given to the dynamics of alpine tundra colonization by boreal species – trees and others – and to the correlative reaction of arctic-alpine species.

Although the Northern Chair on the ecology of forest disturbances is a recent creation it has already proved its worth. It has developed many high quality research projects and spawned numerous successful master's and doctoral theses that would not have been completed otherwise, given the high cost of northern research.

Without NSERC support it would have been impossible to undertake so many worthwhile projects, especially given that logistical support from Polar Continental Shelf – despite its mandate to support northern research – is not currently available in Nunavik. We are hopeful that one day that organization's management will abandon its narrow perspective and embrace a more equitable distribution of Canada's northern logistical resources. The absence of support from Polar Continental Shelf places considerable strain on research logistics capacity in Nunavik, hampering research efforts in areas of national importance.

Thankfully, some organizations with clearer and more comprehensive vision, such as our current partners, are supporting the many activities of the Chair in our two main areas of research. We expect that our involvement in ecosystem restoration, and in the analysis of northern ecosystem dynamics for the benefit of science and of northern residents, will continue to increase.

Serge Payette is Professor in the Department of Biology and Member of the Centre d'etudes nordiques, Universite Laval. He holds the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC) Northern Research Chair in the ecology of forest disturbances.

References

Arseneault, D., 2001. Impact of fire behavior on post-fire forest development in a homogeneous boreal landscape. *Canadian Journal of Forest Research*, 31: 1367–1374.

Bergeron, Y., *et al.*, 2004. Fire regimes at the transition between mixed wood and coniferous boreal forest in northwestern Quebec. *Ecology*, 85: 1916–1932.

Johnson, E.A., 1992. Fire and vegetation dynamics. Studies from the North American boreal forest. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

Payette, S., 1992. *Fire as a controlling process in the North American boreal forest.* In A Systems analysis of the global boreal forest. Under the direction of H.H. Shugart, R. Leemans and G.B. Bonan. Cambridge University Press, Cambridge, U. K. pp. 144–165.

Payette, S., *et al.*, 2001. The subarctic forest-tundra: The structure of a biome in a changing climate. *BioScience*, 51: 709–718.

Stocks, B. J., *et al.*, 1998. Climate change and forest fire potential in Russian and Canadian boreal forests. *Climatic Change*, 38: 1–13.

ADAPTING TO CHANGE IN CANADA'S NORTH: VOICES FROM FORT RESOLUTION, NWT

Sonia Wesche

Since the summer of 2004 I have been involved in environmental change research with the community of Fort Resolution, NWT. Building on a community research partnership with physical science colleagues undertaking paleohydrology studies, my work examines the capacity of local people to adapt to environmental and socio-cultural change.

A particularly productive facet of my research involves understanding how people interpret and experience change. A recurring theme emerges: local people seek to balance traditional and western culture (in the way they relate to the world, and in terms of their own identities) to adapt to their changing environmental context.

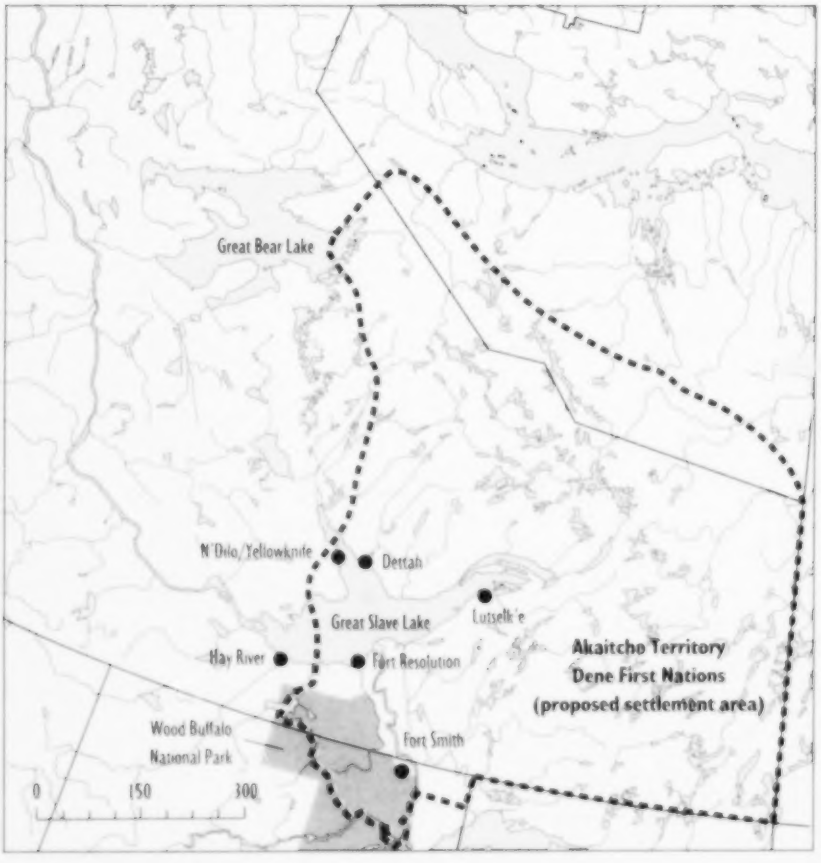
Effective northern research and development projects require cross-cultural collaboration with aboriginal partners (Wolfe *et al.*, 2007). Understanding the historical socio-cultural context within which individuals and communities function is essential. Yet, in the academic literature on adaptation to environmental change, the voices of the people who live these changes are often sidelined. I attempt here to bring some northern voices to the fore, in the hopes that sharing these perspectives will help generate understanding, within the research community and among others involved in the North, about the many factors that influence how aboriginal northerners respond to a rapidly changing environment. The narratives and ideas presented here are based on field experience and interviews conducted in 2005 and 2006 in the Dene-Metis community of Fort Resolution, NWT.*

* All individuals mentioned here consented to public release of their statements and to being identified by name.

STUDY SITE: FORT RESOLUTION, NWT

Fort Resolution is the oldest documented settlement in the Northwest Territories, having originated in the early 1800s as a central fur trading post along the northern river travel route. The small community of about 550 mostly Dene and Metis lies within the Akaitcho Traditional Territory (currently under Treaty negotiations), and is now accessible by road from Hay River.

People in Fort Resolution have endured a long history of change caused by outside influences. These include the early influx of fur traders and southern trappers, devastating new diseases like influenza and



Location of the research study site. The community of Fort Resolution lies on the south shore of Great Slave Lake, N.W.T. within Akaitcho Traditional Territory.

Fred Mandeville Jr. tests the ice before crossing by snowmobile in early spring, 2006. Knowledge of water currents and ice quality is essential for safe travel on Great Slave Lake. Photo: S. Wesche.

tuberculosis, a mission school and hospital that operated during the early to mid-20th century, government policies on aboriginal assimilation, settlement, and heritage, the introduction of new land use and livelihood technologies, increased access to the wage economy and western ideologies; and more recently, rapidly changing environmental conditions.

Fort Resolution's residents have long depended on the ecological resources of the nearby Slave River Delta for food and fur. Despite a recent marked reduction in traditional land use, they continue to hunt, fish, and trap for both recreation and income. The integrity of the surrounding ecosystem is also essential for newer economic endeavours like tourism, and to support local attempts to revive cultural traditions and knowledge tied to the land.

RESEARCH PROCESS

My collaborative research project aims to understand how the natural ecosystem functions and responds to various environmental stressors, and to enhance the stewardship of natural resources and the capacity of local residents to respond to change. Since June 2004 I have spent a total of ten months in Fort Resolution, visiting repeatedly during different seasons, living with a local family, and being taken into the bush to learn about the traditional territory and land use practices. As a result I have been able to gain invaluable experience and understanding of community dynamics. The fact that most people in Fort Resolution speak English enabled me to engage in informal discussions, participate in community meetings, and read planning and policy documents, environmental meeting minutes, scientific and traditional knowledge reports available there.

Working with local assistants, I conducted 33 semi-structured interviews with elders and land users, concentrating on their knowledge of environmental changes (e.g., weather, water, ice, animals, plants), the effects on people over time, and how people have adapted in the past. Another nine interviews with individuals involved in

resource management policy and practice at local, territorial and national levels focused on the capacity of existing institutions to collaborate effectively and support local adaptation strategies. For both sets of interviews I followed a general framework of questions, but left room for interviewees to elaborate, especially in their own areas of interest and expertise. This made the interview more satisfying for the interviewees and expanded the breadth and practical relevance of my research.

I also held five different focus groups where we discussed possible future scenarios of change, involving climate and resource development. These sessions aimed to stimulate discussion around the areas where residents feel vulnerable to change, and what they could do individually or as a community in order to cope. With the help of local research assistants, I also implemented a survey of 104 heads of household. We used a structured questionnaire to understand key features of social relationships and networks and how these relate to people's ability to adapt to change.

I was fortunate to participate in some 15 guided trips on the land where I engaged in hunting, trapping, and fishing activities during different seasons. Learning about the practicalities of life on the land and seeing and discussing landscape features first hand is essential to understand northern life, how locals assign value to environmental features, and the interplay between social and ecological elements within the broader system.

This article seeks to provide insight about how people in Fort Resolution, individually and collectively, are dealing with change. Drawing directly on the knowledge and views of participants in my research project, it provides a cross-section of voices of people coping with change on emotional, mental, physical and spiritual levels. It communicates their views only, and is not meant to represent those of the Dene or Metis people as a whole, nor of the entire community of Fort Resolution.

CHANGING ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Environmental change is a common topic of discussion in Fort Resolution. However, while most residents recognize that it is occurring and affecting people, they believe they can do little to influence it or mitigate its effects.

Changes in the climatic regime are causing concern as they become more frequent and more pronounced. Locals note that winter temperatures used to drop consistently to −50°C, whereas winters now tend to be warmer and shorter, generally with less snow. Furthermore, conditions are noticeably more variable, with temperatures fluctuating from one day to the next. Residents have experienced several cold springs recently, and an extremely varied snow pack during the last few winters. Often such variability limits access to the land. For example, a heavy snowfall in early fall 2005 slowed freeze-up and caused a layer of melt water to develop under the snow, making it unsafe to travel on the ice until temperatures dropped.

Despite these noted shifts the general consensus is that climate change is only part of the problem. Locals have noticed other environmental variations, which they attribute largely to industrial development in the provinces – including hydrological changes influenced by the W.A.C. Bennett Dam on the Peace River in northern B.C., and contamination from oilsands and other developments in Alberta:

> *In 1967 they built the Bennett Dam and held water back for three years to fill the reservoir. In the [Slave] delta, the prairies and sloughs used to be full of [musk] rats, so they kept the willows down. They chewed on the shoots. [...] The rat population will go down ... and after a flood it will rebound. [...] Where they held the water back, the land dried out and willows started to grow. There weren't enough rats to keep them down, so ... the slough will never go back to being good rat habitat.* (Angus Beaulieu, 2005)

> *The whole country, the whole land, the whole environment is changing because of low water level. I can see the changes in the trees, in the ways plants are growing. Some of the food is drying out, some traditional pathways are overgrown because of lack of water. Back in the old days, in the winter they had a lot of caribou that was migrating through the area ... then it dwindled to the point where there are none today [...]. Not only the population is down ... the forest fires have depleted all the lichen that the caribou had depended on to winter in this area.* (Gabe Yelle, 2005)

Other changes in animal health have also been noted; of particular concern is an increase in fish deformities. Populations of several primary food and fur species have decreased (e.g., beaver and muskrat). Other locally-identified impacts include increased difficulty in planning travel on the land, travel safety concerns, limited access to land-based activities, and decreased pelt values (fur does not reach prime in warmer conditions).

Most affected by change are those who use the land or its resources directly – harvesters, elders and the many others who rely on the food and furs they obtain. In recent years, people have tended to make individual adaptations, including: increased use of communications technology (e.g., satellite phones), employing different equipment (e.g., ATVs) for land access, diversifying economic activities, and altering land use patterns. However, as they now face

unprecedented extremes and rates of environmental change, northerners will have to prepare more systematically for future conditions.

CHANGING SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEMS

Despite recent media focus, climate change is only the most recent phenomenon to cause major upheaval to northern peoples. Socio-cultural conditions have also changed rapidly in recent decades, and the resulting cumulative effects make it more difficult for people to adapt.

> *The community is new to us because we're nomadic people. We're used to hunting and gathering and travelling and being part of the land, but then the people start going to the communities, and the government kind of tried to assimilate us, and brought us to boarding schools and that took our identity away. [...] Before ... the people that gave [the] most of themselves had the highest stature in the group. [...] But, when they moved to the communities and adopted the community system, it wasn't how much they gave that gave them status, but how much we accumulated that gave status. So it went against our value system and eroded our way of looking at working together.* (Maurice Boucher, 2005)

Several interviewees note that their identities as aboriginal people are inherently tied to the land and to the traditional way of doing things. In the one generation it took to move from paddling a canoe to using speedboats, televisions, telephones, microwaves, and planes, people have become increasingly disconnected from the land, losing their focus on what is out there and who they are. People are searching for their own identities. A connection with the land and one's ancestors provides a grounding that has in large part been lost over recent decades.

> *If you take the spiritual part away from the human being, then everything else goes with it.* (Kevin Boucher, 2005)

Over the past four decades technology and shifting livelihood priorities have drastically altered land use patterns.

> *Now land use is almost spontaneous. We can go out and do things within a certain weather frame. [...] You wake up and it's this beautiful day and you're going to go all the way across to Simpson Islands and you can be back before that evening storm comes in. That's so untraditional. [...] Now that we can do things so much quicker, it pulls you so much away from some of the more traditional ways of doing things. We're no longer in these 2.5 kickers, we're in 9 horse kickers, and you don't even feel the waves because you're planing on top of the waves. Whereas in the 2.5 you felt every wave, [and] you couldn't go by a berry patch, even if you didn't see it you couldn't go by it because you'd smell it.* (Bernadette Unka, 2005)

> *Life is too instant now.* (Henry King, 2005)

One of the perceived consequences of shifting away from the land and its values is an increased focus on individual status and a reduced spirit of cooperation among community members. The resulting strains on social bonds make communities less able to respond to the many pressures they are facing.

> *I think in the past ... people worked really close together in family units for the purpose of surviving, etcetera. And, now ... when people go into private business, it's more for themselves. [...] Collectively, as a First Nation, it's becoming more difficult to get the whole community to buy into concepts and work collectively on a vision, so to speak, to move forward. It's getting more difficult because of so much outside influences.* (Don Balsillie, 2006)

BALANCING TRADITIONAL AND WESTERN WAYS OF BEING

Occurring simultaneously with changing livelihoods and land use is the loss of traditional knowledge, which limits possibilities for the younger and future generations to incorporate traditional ways into their lives. Parents and elders worry that while young people may be learning some of the skills needed on the land or water like driving a boat, using a shotgun, or cleaning fish, they lack the value system attached to traditional ways of living. The result is a commodification of attitudes towards the land; younger generations are more willing to allocate sections of their traditional territory for resource development. Any potential economic benefits are however severely mitigated by inadequate individual and community preparation. People lack awareness, experience, and education, leaving them vulnerable to exclusion from decision-making, inequitable compensation agreements, and other forms of exploitation by outsiders.

Some interviewees are aware of the need to build local capacity. When asked their opinions on the best way for aboriginal people and communities to move forward, many identified the need to combine traditional and western knowledge and ways of being to create a healthy and prosperous society.

> *I think there's a need to ... find a balance. That's what it is. It's to find a comfortable balance between those two [traditional and western] worlds. And, if you can do that, then basically those people will be empowered because they'll have the traditional knowledge and feel comfortable in that area, and have also in the new world the educational tools to help them. Then you've got the best of both worlds, so to speak.* (Don Balsillie, 2006)

Achieving this balance presents many challenges. In addition to the need for

spiritual healing and access to financial resources, the lack of human capacity in northern aboriginal communities presents a major obstacle to effective engagement with the modern world. Interviewees said many times that better and more comprehensive education is essential. Improving local education means confronting such issues as lack of support from parents (who tend to have little education themselves), integrating traditional and western teachings in the classroom, raising the education levels of decision-makers, and providing incentives for community members who have gained professional skills elsewhere to return to their communities of origin.

Included in traditional teachings is the question of aboriginal identity. A number of interviewees mentioned this, and all linked their sense of self to their cultural roots and relationship to the land. Although many community members do not themselves go out on the land, all rely at least in part on the products generated by those who do. Furthermore, there is general consensus that maintaining the health and integrity of their traditional territory is fundamental to maintaining a healthy community.

You have to be connected to the land: that's where you get your identity from. That's where you realize what you are. You become humble when you know that the water could take your life, like that, in one instant. You always have respect for the land because it's unforgiving. If you fall through the ice in the wintertime the chances of surviving are pretty slim if you're alone. (Maurice Boucher, 2005)

"The land speaks to you", says Kevin Boucher (2005). He sees Mother Earth as the mother of all people, and the respect he shows in return for her nurturing and abundance is deeply rooted in his cultural beliefs. Traditional ceremonies such as putting tobacco down into the water when travelling by boat, and following specific protocols of thanksgiving when harvesting animals such as moose, bear or bison, keep people connected to the land.

Although traditional knowledge has been declining throughout northern aboriginal societies for at least half a century, a recent trend in cultural revival seems to be emerging. Several individuals echoed Don Balsillie's comment:

I think that a lot of people are going back to try to understand their roots, their language, and who they are. I think it's important for them to do that. (Don Balsillie, 2006)

One of the expected outcomes of this revival is increased community cohesion, which can improve the capacity of local people to work together to adapt to change.

The problem is that people don't know their own history. They don't realize we all come from the same place and are all one people. Learning joint history may help to bring people together. (Lena McKay, 2006)

LOOKING FORWARD: BUILDING CAPACITY FOR THE FUTURE

Most local people in Fort Resolution view climate change as a threat to their way of life, yet it remains secondary to more immediate problems, as in most communities. As mentioned earlier, people are well aware that change is occurring, but they do not fully recognize the consequences, nor do they believe that their own actions can help mitigate the impacts. For those who expressed themselves on this issue, reconnecting with cultural roots predominates as the primary mechanism for dealing with a changing landscape, and for improving cohesiveness and wellbeing in the community.

Now I think what people need to do is to take back their responsibility, and their responsibility is to take care of Mother Earth. We were given the responsibility of stewardship, and that stewardship meant that we have to take care of the land and the environment, and every organism had to be in balance. And

The author waiting for geese at a blind on Great Slave Lake in May, 2006. Learning about traditional land use and dynamics of the ecological system is best done by travelling on the land and participating in activities with knowledgeable locals. Photo: F. Mandeville Jr.

somehow man is fairly unbalanced. We are not monitoring regularly – revisiting revieving the detrimental impacts that we are having. (Bernadette Unka, 2005)

Potential exists for building on community identity and history at the grassroots level in order to instill collective stewardship values and encourage people to work together. Despite inter-familial and inter-cultural divisions created in large part by historical social upheaval, people do feel connected and provide support to one another in tragedy or crisis.

When someone is in need, when someone is hurting, whether there's a death or something in the community, I can't tell you how much love you feel. [...] We come together like one huge family, and all those differences all fall to the wayside, none of those are important. (Bernadette Unka, 2005)

Beyond the necessary rebuilding of social networks and cultural ties, locals also see the need for capacity-building in such areas as access to financial and human resources, expertise in governance and resource management, and sustainable employment opportunities. The local Treaty Negotiator Paul Boucher (2006) maintains that local leaders must be dedicated and well-meaning for the community to move forward. Preparing the leaders of tomorrow requires incorporating traditional values within the education system, and the re-empowerment of family units. The focus on education and training is uppermost in many local leaders' minds.

You see a lot of kids that are finishing high school, which is a good thing. Hopefully with our [ongoing Treaty] negotiations we get more help from the government, and people in place and jobs in place and ... we could govern ourselves [...]. Maybe not my generation, maybe my kids' generation or my grandkids' generation – we might be able to do that. (Maurice Boucher, 2005)

In recognition of the importance of both education and locally-relevant research, community leaders have also mentioned their wish to continue developing a long-term partnership with southern researchers. In the case of Wilfrid Laurier University for example, the research relationship with Fort Resolution goes back to the 1970s. While such partnerships can provide a framework for addressing local concerns and building capacity through local involvement, leaders also mentioned benefits in engaging researchers as mentors for young students.

Residents recognize that local capacity-building must be supported by government policy and practice to be effective. Yet, to date, little has been done to develop policies to mitigate and adapt to change. The lack of congruency between current northern research and environmental decision-making prompts organization of events such as the recent NWT Climate Change Leadership Summit, to "help leaders from across the NWT learn more about climate change, as well as adaptive measures that NWT communities can take in the face of climate change" (*Ecology North*, 2007). Summit organizer Doug Ritchie notes that it is essential for government bodies at all levels to engage actively in climate change adaptation planning and implementation, as they hold the necessary sway and staying power to carry out a long-term program.

CONCLUSIONS

Northern communities are facing multiple pressures which will continue to impact natural and human systems well into the future. Coping with change requires targeted capacity-building at the local level, with sustained support from higher levels of government, to improve the adaptability and resilience of these systems.

The people of the North hold a wealth of knowledge about their environment and have much to say about how these changing conditions should be approached. To support them effectively in building their adaptive capacity, it is imperative to take into account both the challenges and opportunities – whether social, economic, political, or environmental – facing northern communities. An essential ingredient in this process involves listening to the voices of northerners and their personal experiences with change.

Sonia Wesche is a PhD candidate in geography at Wilfrid Laurier University. She was awarded the 2006 Polar Commission Scholarship.

Interviewees

The following are some of the individuals who discussed with me their perspectives on their changing northern environment and its impact on their lives and community. Their comments formed the basis of this article.

Don Balsillie (land user, local government), April 3, 2006;

Angus Beaulieu (elder), July 5, 2005;

Kevin Boucher (land user), July 8, 2005;

Maurice Boucher (land user), August 31, 2005;

Paul Boucher (land user, local government), April 3, 2006;

Kenneth Delorme (land user), June 26, 2005;

Henry King (elder), September 1, 2005;

Lena McKay (land user), May 3, 2006;

Ronald McKay (land user), July 7, 2005;

Bernadette Unka (elder, local government), Aug 23, 2005;

Gabe Yelle (elder), June 20, 2005;

Doug Ritchie (Ecology North, Yellowknife), April 27, 2006.

Works Cited

Ecology North. 2007. "The NWT Climate Change Leadership Summit". Accessed January 30, 2007. www.ecologynorth.ca.

Wolfe, B., D. Armitage, S. Wesche, B. Brock, M. Sokal, K. Clogg-Wright, C. Mongeon, M. Adam, R. Hall and T. Edwards. "From Isotopes to TK Interviews: Towards Interdisciplinary Research in Fort Resolution and the Slave River Delta, NWT." *Arctic*, vol. 60, no. 1, March 2007.

Acknowledgements

I would like to extend my appreciation to the residents of Fort Resolution, NWT, who have participated in my research and provided friendship and support during my field visits. This research is generously funded by a Social Sciences and Humanities Research Council of Canada (SSHRC) Doctoral Fellowship, a Canadian Polar Commission Scholarship, and Wilfrid Laurier University Scholarships. Grants from the Oceans Management Research Network (OMRN), the Northern Scientific Training Program, SSHRC, and Natural Resources Canada's Climate Change Impacts and Adaptations Program have provided necessary funding for extensive field work. I would also like to acknowledge the continued support of my two supervisors Dr. Derek Armitage and Dr. Scott Slocombe, and research collaborator Dr. Brent Wolfe.

KLUANE NATIONAL PARK MANAGEMENT BOARD COORDINATES A NATIONAL CONFERENCE: "LEARNING FROM COOPERATIVE MANAGEMENT"

Shawn Allen

Aboriginal groups face a variety of challenges in their role to implement cooperative management agreements that pertain to Canadian National Parks. This is widely accepted nationally and documented in studies worldwide. The 1995 Circumpolar Aboriginal People and Cooperative Management Workshop clearly recognized that cooperative management does work. It was also recognized that improved communication, trust, respect, common goals and a way of integrating land based knowledge with scientific studies would support more effective practices of cooperative management.

In 1997 a worldwide report by the International Union for the Conservation of Nature Inter-commission Task Force on Indigenous Peoples concluded that in conservation management, there is still the tendency to ignore or give low priority to the rights of indigenous peoples from national parks and other protected areas.

The 2001 report "Northern Parks – A New Way" presented by the Subcommittee on Aboriginal Economic Development in Relation to Northern National Parks, Standing Senate Committee on Aboriginal Peoples makes similar conclusions. They acknowledge that aboriginal people recognize the land set aside as National Parks in their traditional territories as special and sacred places.

Caroline Hayes, Chair of the Kluane National Park Management Board notes, "The timing for the conference is appropriate. Nationally there has been a movement within Parks Canada to develop cooperative management agreements. This project will provide a first time opportunity for aboriginal boards and Parks Canada staff to work together on a national level to collectively explore cooperative management issues."

Parks Canada relations with aboriginal peoples have been solidified through constitutionally protected comprehensive land claim agreements and modern day treaties, as well as through national park establishment agreements, memorandums of understanding and cost sharing arrangements. The variety of agreements poses

Entrance to Auriol Trail, Kluane National Park. Photo: Shawn Allen.

Kathleen Lake, Kluane National Park. Photo: Shawn Allen

challenges and creates successes, of which not all are commonly aware. In Canada there are 28 National Parks, National Park Reserves and National Historic Sites that have formal consultation cooperative management agreements with aboriginal groups. Of these, approximately half were established through the provisions of comprehensive land claim settlement agreements, with the other half through requirements of park establishment agreements, Memoranda of Understanding with aboriginal communities, or through local stakeholders and aboriginal community representatives invited to participate. One was established through a treaty land entitlement (specific claim) agreement.

Parks Canada recognizes the social, cultural and economic importance of linking aboriginal people to Parks policies through cooperative management initiatives. Aboriginal board representatives working together with Parks Canada staff will strengthen relationships sensitive to aboriginal perspectives. The goal of the conference "Learning from Cooperative Management" is to establish true and equitable partnerships that combine existing technologies with the extensive traditional knowledge of aboriginal people to preserve the the land's ecological integrity and respect the aspirations of aboriginal people. The outcome will be a printed text presented as a tool of best practices for the management of Park lands and resources.

The conference will be held in Haines Junction, Yukon on April 24–26, 2007. A conference website at *www.kpmb.org* has been set up for delegates to register. Registration priority will be for aboriginal boards and committees that work with National Parks and Parks Canada employees. The conference may be open to academics and other interested parties based on availability of seats.

The Kluane National Park Management Board is initiating this project with their co-hosts, Champagne & Aishihik First Nations, Kluane First Nation, and the Kluane National Park & Reserve. The Board gratefully acknowledges our sponsors, the Walter & Duncan Gordon Foundation, Indian & Northern Affairs Canada, Parks Canada, Government of Yukon, and appreciates assistance from the Yukon Convention Bureau and the Village of Haines Junction.

Shawn Allen is with the Secretariat for the Kluane National Park Management Board.

BOOK REVIEW

Kenn Harper

Apostle to the Inuit: The Journals and Ethnographic Notes of Edmund James Peck, The Baffin Years, 1894–1905, edited by Frederic Laugrand, Jarich Oosten and François Trudel. Toronto: University of Toronto Press, 2006. ISBN 0-8020-9042-7.

For too long the Reverend Edmund James Peck has been an enigmatic figure in Arctic mission history and in the history of Baffin Island. Known as the "Apostle to the Inuit" the Anglican missionary brought formal Christianity to the Inuit of Arctic Quebec and then to the Baffin region – yet the details of his life and work and his contribution to our knowledge of the historical Inuit went undocumented. The only book-length biography, *The Life and Work of E.J. Peck among the Eskimos*, by Arthur Lewis, was published over a century ago, before his work at Blacklead Island had ended. Like many missionary biographies it was heavy on hallelujahs and light on substance.

Now three respected academics known for their studies of Inuit history and beliefs have collaborated on a work of almost 500 pages dealing exclusively with Peck's Baffin years, the four two-year terms he spent at Blacklead Island (interspersed with one-year furloughs to England) between 1894 and 1905.

The facts of Peck's career can be recounted easily enough. He was born in England in 1850 but raised from the age of seven in Ireland. Orphaned at thirteen, he spent eight years in the British Navy before answering a plea that Rev. John Horden, Bishop of Moosonee, had made to the Church Missionary Society for a man who could devote his time almost exclusively to the Inuit on the Quebec Hudson Bay coast. Between 1876 and 1892, Peck served two terms as missionary at Little Whale River

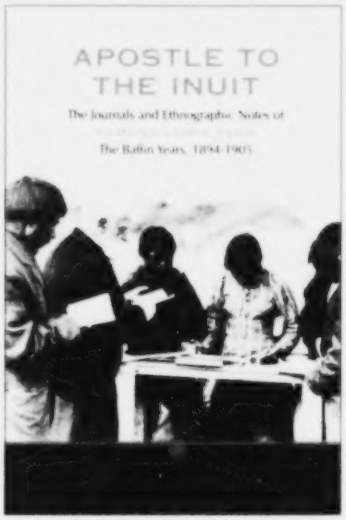
and Fort George, resuming the interrupted work begun in the 1850s by Rev. E.A. Watkins. In 1894, leaving his wife and daughter behind in England, Peck established a new mission to the Inuit at the whaling station of Blacklead Island in Cumberland Sound, the main centre of commercial activity north of Hudson Strait. After leaving Blacklead Island in 1905, Peck moved with his family to Ottawa where he became Superintendent of Arctic Missions, travelling north occasionally on supply vessels in the summer. He died in Ottawa in 1924.

Apostle to the Inuit begins with a lengthy introduction describing the founding of the mission on Blacklead Island and the way in which Christianity was introduced to the Inuit. This background, augmented by a very helpful chronology of the significant events in the eleven years under study, puts in context the main body of the work which follows in two major sections.

The authors devote over 200 pages to Peck's journals of his eleven-year residence in Cumberland Sound. These are presented primarily as extracts, with very little commentary. This works – the extracts speak for themselves.

But it is "Part Two: The Ethnographic Documents," which is the more interesting. Missionaries are not usually ethnographers. Most feel their task is to eradicate, rather than record, the "heathen" beliefs of pre-Christian times. Peck might very well have fallen into this camp too – there is certainly nothing in Peck's earlier writings of his time on the Hudson Bay coast, or even in his notes from his first few years at Blacklead Island, that indicates any interest in these subjects – had it not been for an invitation from the pioneer anthropologist Franz Boas. Boas, who had spent 1883–84 in Cumberland Sound, asked Peck to document for him the Inuit belief system, including shamanic rituals and legends. Already unconventional in many of his attitudes to how missionary activity should be conducted, the request struck a chord in Peck and he took up the challenge with his customary energy. The resulting contribution to Inuit ethnography has sat largely untouched and unrecognized for over a century in the General Synod Archives of the Anglican Church of Canada.

It is this remarkable collection of information that the authors present. An introductory chapter, "The Ethnography of Peck", is followed by four chapters of Peck's own documentation of Inuit customs. Chapter titles give the flavour of the work: "The Eskimos, Their Beliefs, Characteristics, and Needs", "Describing 'Heathen Customs'", "The Tuurngait" [helping spirits], and "List of Spirits by the Missionary E.J. Peck". Of especial interest are three chapters of stories recorded verbatim from Inuit themselves: Eve Nooeyout, Oosotapik, and Qoojessie.



The authors might have provided more background on the history of Blacklead Island prior to Peck's arrival. Discovered – and I mean in the classical sense in which the first white man to enter an area inhabited by non-whites is heralded as a discoverer – by John Davis in 1585 and not rediscovered until 1840 by William Penny with the help of the Inuk Eenoolooapik, parts of Cumberland Sound had been continuously occupied by whalers for almost half a century before Peck's arrival. Indeed whaling was in serious decline well before 1894. While Boas's own major account of Inuit life and beliefs scarcely mentions the white presence, giving the reader an inaccurate picture of Inuit living a traditional life unsullied by foreign influences, Peck does not gloss over the presence of the whalers and the vices and diseases they had brought to the people he had come to save.

A few quibbles with fact and interpretation: William Penny reached Cumberland Sound in 1840, not 1839 (page 12). Mr. Noble (Crawford Noble) was not the agent at the whaling station at Kikkerton in the 1880s; rather, he was the owner, resident in Scotland, who employed the agents who lived on the island (page 14). A photo caption on page 25 purports to identify the first three Inuit converts on Blacklead Island, but, if conversion is marked by baptism, it is in error; the first Inuk to be baptised on the island was Annie Atungaujaq, who died in June 1901, little more than a month after her baptism on May 7 of that year.

The spellings of Inuit names and Inuktitut place-names in the text generally follow Peck's own renditions. But in the authors' own descriptive text, where they introduce names not used by Peck, they generally attempt to use the modern official Inuit orthography. In this they are deficient. In particular, Peck's own Inuktitut name was Iqamnak (the one who speaks well), not Iqammaq (page 10 and elsewhere). (A small "*mea culpa*" is required here. In citing my short unpublished biography of Peck that is on file at the General Synod Archives, they accurately quote my own early misspelling of Peck's Inuktitut name as "Iqarnat." That shouldn't, however, give them the right to mis-spell my first name as "Ken" on page 39.) Joseph Parker was called Iauktakuluk (the small doctor), not Iuktaakuluk (page 16), and Greenshield was Ilataaqauk (the new member of the family), not Ilataaqqaq (page 16). Blacklead Island itself, on the map that

accompanies the introduction, should be Uummannarjuaq, not Umanarjuaq.

But these are small points in a major work. The authors have accomplished very well their objective of placing Edmund James Peck firmly among the roster of those who have made major contributions to documenting the pre-Christian beliefs of the Inuit. The Apostle to the Inuit takes his place as an ethnographer who performed the unusual task – one might call it an almost schizophrenic task – of eliciting and documenting the very belief system he was so firmly dedicated to extinguishing.

Kenn Harper is a historian and linguist living in Iqaluit, Nunavut.

NEW BOOKS

Names & Nunavut: Culture and Identity in the Inuit Homeland, by Valerie Alia. Berghahn Books, 2007. ISBN 978-1-84545-165-3.

A Complete Guide to Arctic Wildlife, by Richard Sale with photographs by Per Michelsen and Richard Sale. Firefly Books Ltd., 2006. ISBN: 1-55407-178-X.

Learning from Cooperative Management, Coordinated by the Kluane National Park Management Board
April 24–26, 2007
Haines Junction, Yukon
www.kpmb.org

Air, Ocean, Earth and Ice on the Rock, hosted by the Canadian Meteorological and Oceanographical Society, the Canadian Geophysical Union and the American Meteorological Society
May 28 – June 1, 2007
St. John's, Newfoundland
www.cmos2007.ca

Climate Change Impacts on Boreal Forest Disturbance Regimes
May 30 – June2, 2007
University of Alaska Fairbanks, Alaska, U.S.A.
www.cddis.uaf.edu

First International Circumpolar Conference on Geospatial Sciences and Applications
August 20–24, 2007
Yellowknife, N.W.T.
ess.nrcan.gc.ca/ipygeonorth/index_e.php

8th ACUNS International Student Conference on Northern Studies Melting Boundaries: Carrying Out Effective Research in the Circumpolar World
October 19–21, 2007
University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan
www.dbakerproductions.com/acuns/index.htm

CORRECTION

In the Fall-Winter 2006 edition of *Meridian* two organizations were incorrectly identified: NSERC is the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada, and IASC is the International Arctic Science Committee.

NEWSLETTER
is published by the Canadian Polar Commission.

ISSN 1492-6245
© 2007 Canadian Polar Commission

Editor: John Bennett
Translation: Suzanne Rebetez, John Bennett
Design: Eiko Emori Inc.

Canadian Polar Commission
Suite 1710, Constitution Square
360 Albert Street
Ottawa, Ontario
K1R 7X7

Tel.: (613) 943-8605
Toll-free: 1-888-765-2701
Fax: (613) 943-8607
E-mail: mail@polarcom.gc.ca
www.polarcom.gc.ca

The opinions expressed in this newsletter do not necessarily reflect those of the Canadian Polar Commission.

COMMISSION
CANADIENNE
DES AFFAIRES
POLAIRES

MÉRIDIEN

Infrastructure de données géospatiales : Implications pour la souveraineté dans l'Arctique canadien 1

L'utilisation des sédiments des lacs pour reconstituer les changements environnementaux dans l'Arctique 6

Recherche sur les écosystèmes aquatiques arctiques : le présent et l'avenir 9

Dynamique de la forêt boréale canadienne à l'heure du changement planétaire 15

L'adaptation au changement dans le Nord canadien : des voix de Fort Resolution, T.N.-O. 19

Le conseil de gestion du Parc national de Kluane coordonne une conférence nationale : « Learning from Cooperative Management » 25

Critique de livre 26

Nouveaux livres 28

Horizon 28

INFRASTRUCTURE DE DONNÉES GÉOSPATIALES : IMPLICATIONS POUR LA SOUVERAINETÉ DANS L'ARCTIQUE CANADIEN

Peter L. Pulsifer et D.R.F. Taylor

INTRODUCTION

Les définitions du mot « souveraineté » sont nombreuses. Toutefois, selon l'usage courant, ce terme signifie qu'un gouvernement exerce un contrôle absolu sur ses propres affaires, dans un territoire ou une zone géographique.

La question de la souveraineté dans le Nord canadien est de plus en plus soulevée dans le discours politique et les médias grand public. L'enjeu de la souveraineté dans l'Arctique porte sur l'accès aux mers qui entourent l'archipel arctique du Canada. Bon nombre de pays, notamment les États-Unis, affirment que ces voies océaniques font partie des eaux territoriales du Canada[1] et que, par conséquent, le Canada ne doit pas empêcher le passage inoffensif[2] des navires des divers pays. Le Canada estime que les eaux de l'archipel arctique sont des eaux intérieures, assujetties au même contrôle qu'un fleuve ou un lac compris dans la masse terrestre du Canada. Cette prise de position sur ses « eaux territoriales » se fonde sur le droit international. En fait, elle découle de la Convention des Nations unies sur le droit de la mer (ONU, 2007). La prétention du Canada à cet égard résulte de l'utilisation de ces eaux dans le passé et de l'occupation réelle des mers archipélagiques dans le passé.

On estime que la nécessité de régler rapidement cette question devient de plus en plus cruciale. Vu le raccourcissement des saisons des glaces que laissent prévoir les modèles climatiques mondiaux, on s'attend à une augmentation du trafic maritime dans le passage du Nord-Ouest (voir la fig. 1). Par ailleurs, les changements observés dans l'environnement pourraient rendre rentable l'exploitation des ressources naturelles. En août 2006, le Premier ministre Stephen Harper a exprimé comme suit son opinion sur le sujet :

> *On ne saurait trop insister sur la nécessité de faire valoir notre souveraineté et de prendre des mesures pour protéger notre intégrité territoriale dans l'Arctique. L'urgence d'agir n'a jamais été aussi criante.* (CBC, 2006) [Traduction]

Pour M. Harper, l'exploitation des ressources, notamment l'éventuelle découverte de nouveaux gisements de pétrole et de gaz dans le bassin de la région arctique, rend la situation pressante. Il a ajouté :

> *Les considérations économiques et la valeur stratégique de l'exploitation des ressources du Nord revêtent un intérêt croissant pour notre nation.* (CBC, 2006) [Traduction]

1 La souveraineté de l'État côtier s'étend, au-delà de son territoire et de ses eaux intérieures et, dans le cas d'un État archipel, de ses eaux archipélagiques, à une zone de mer adjacente désignée sous le nom de mer territoriale. Tout État a le droit de fixer la largeur de sa mer territoriale, cette largeur ne dépasse pas 12 milles marins (www.un.org/French/law/los/convention/unclos/closindx.htm – articles 2,3).

ANNÉE POLAIRE INTERNATIONALE 2007–2008

Canada

D'après certains intervenants du débat public, le fait que le gouvernement des États-Unis n'a pas réagi devant ces fermes déclarations et l'augmentation des opérations militaires canadiennes dans le Nord équivalent à l'acceptation tacite de la prise de position du Canada. Si cela est exact, les Canadiens devraient concentrer leur énergie à l'intendance et à la gestion de la zone (Griffiths, 2006). D'autres, moins optimistes à propos de l'acceptation de la position du Canada par les gouvernements des É.-U. et d'autres pays, comme le Danemark, estiment que le Canada devrait adopter une « ligne dure » qui prévoit le déploiement de brise-glace militaires et le recours à des systèmes de télédétection pour assurer la surveillance (Hubert, 2006).

Il reste à déterminer laquelle de ces méthodes sera la plus efficace. Mais quelle que soit l'approche adoptée, l'information géographique devrait jouer un rôle central dans les mesures qui seront prises.

Dans le passé, l'information géographique – en général sous forme de cartes – a joué un rôle central sur le plan géopolitique et en rapport avec l'affirmation et la gestion de la souveraineté (Henrikson, 1998 : 94–96). Les cartes et les diagrammes avaient une importance cruciale relativement aux « découvertes » ayant engendré des revendications territoriales qui ont abouti à la création de nombreux États-nations, notamment le Canada (Morantz, 2002). L'information qui montre la démarcation d'un territoire est gardée dans les archives d'arpentage et les cartes que dressent les spécialistes. En outre, l'information géographique sert à décrire, à planifier et à surveiller la réelle occupation d'un territoire. Mais cela est rarement mentionné explicitement dans les débats sur la souveraineté canadienne dans le Nord.

En fin de compte, pour appuyer une ligne de conduite en rapport avec la souveraineté dans le Nord il faudra fournir de l'information géographique précise, correcte et actuelle sur un plus grand nombre de sujets que la démarcation des limites. Un système moderne, par exemple, devra inclure la surveillance « en temps réel » du trafic maritime et fournir des données sur l'exploitation des ressources et l'environnement. En 2007, cela signifie qu'on étendra les programmes traditionnels de « cartographie » pour établir une « infrastructure de données géospatiales » (IDG). Les sections qui suivent expliquent ce qu'on entend par IDG, donnent un résumé du Programme canadien d'infrastructure de données géospatiales et traitent des démarches envisagées pour établir une IDG dans la région circumpolaire arctique.

LES ORIGINES ET LA NATURE DE L'INFRASTRUCTURE DE DONNÉES GÉOSPATIALES

Avant les années 1960, le principal support utilisé pour consigner et garder l'information géographique était la carte en papier. Aujourd'hui, l'établissement d'une carte en papier est encore un mécanisme très important pour transmettre l'information géographique. Cependant, les années 1960 ont complètement transformé nos moyens mis en œuvre pour garder, analyser et consigner l'information géographique. En 1964, le Système d'information géographique (SIG) a été mis sur pied au ministère canadien de l'Énergie, des Mines et des Ressources (maintenant appelé Ressources naturelles Canada). Le SIG comprend la création, le stockage et l'analyse de l'information géographique (superposition, mesure, tampons, etc.) par des procédés numériques. Aujourd'hui, le SIG est un outil standard qui sert à de nombreuses applications, dont la gestion des terres, la recherche scientifique, l'archéologie, l'urbanisme, les ventes et le marketing, ainsi que la production de cartes.

L'utilisation croissante du SIG pendant les années 1970 et 1980 a donné lieu à des masses d'informations géographiques numériques. Le partage des données entre les producteurs, les utilisateurs et les autres intervenants a été assez difficile, car la plupart des données du SIG ont été stockées selon des formats spéciaux qui ne pouvaient être utilisés par d'autres systèmes. Quand le partage des données était possible, il fallait copier les données d'un système à l'autre car il n'y avait pas de réseaux. Cela a entraîné un certain nombre de problèmes en rapport avec le maintien des bases de données, notamment la redondance, le manque de fiabilité, les coûts de stockage et le manque d'identification des données et d'intendance, car souvent on n'avait pas recours à un seul producteur et gardien de données, comme c'était le cas avec les cartes en papier.

Les années 1990 ont donc amené un mouvement centré sur la coordination du pro-

2 La Convention des Nations unies sur le droit de la mer donne la définition ci-après pour l'expression « passage innoffensif » : Le passage est inoffensif aussi longtemps qu'il ne porte pas atteinte à la paix, au bon ordre ou à la sécurité de l'État côtier. Il doit s'effectuer en conformité avec les dispositions de la Convention et les autres règles du droit international (www.un.org/Depts/los/convention_agreements/ texts/unclos/closindx.htm – article 19).

2. Le passage d'un navire étranger est considéré comme portant atteinte à la paix, au bon ordre ou à la sécurité de l'État côtier si, dans la mer territoriale, ce navire se livre à l'une quelconque des activités suivantes :

a) menace ou emploi de la force contre la souveraineté, l'intégrité territoriale ou l'indépendance politique de l'État côtier ou de toute autre manière contraire aux principes du droit international énoncés dans la Charte des Nations Unies;

b) exercice ou manœuvre avec armes de tout type;

c) collecte de renseignements au détriment de la défense ou de la sécurité de l'État côtier;

d) propagande visant à nuire à la défense ou à la sécurité de l'État côtier;

e) lancement, appontage ou embarquement d'aéronefs;

f) lancement, appontage ou embarquement d'engins militaires;

g) embarquement ou débarquement de marchandises, de fonds ou de personnes en contravention aux lois et règlements douaniers, fiscaux, sanitaires ou d'immigration de l'État côtier;

h) pollution délibérée et grave, en violation de la Convention;

i) pêche;

j) recherches ou levés;

k) perturbation du fonctionnement de tout système de communication ou de tout autre équipement ou installation de l'État côtier;

l) toute autre activité sans rapport direct avec le passage.

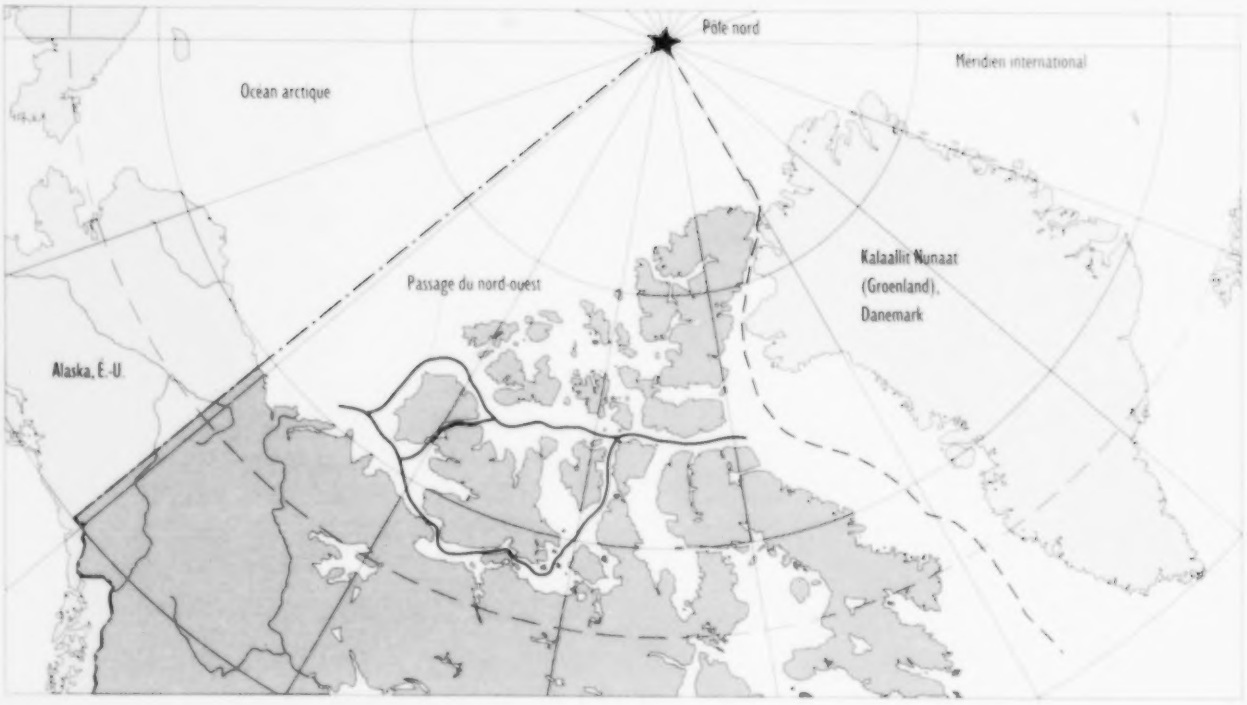


Figure 1
Le Passage du Nord-Ouest – une mer territoriale ?

cessus de production de données géographiques dans le but d'améliorer ces données et de rendre leur utilisation plus efficace. Ce mouvement a engendré le concept de l'infrastructure de données géospatiales (IDG). Au début, le gouvernement des É.-U. a fourni une définition formelle de l'IDG formulée comme suit :

> *L'infrastructure de données géospatiales nationale [IDGN], c'est la technologie, les politiques, les normes et les ressources humaines nécessaires pour acquérir, traiter, stocker et distribuer les données géospatiales, et améliorer leur utilisation.* (É.-U., 1994) [Traduction]

Au début, les programmes d'IDG visaient à coordonner les efforts de production de données géographiques, y compris le catalogage des données. À partir de 1990 jusqu'au milieu de cette décennie, on s'est servi de l'Internet pour découvrir des données en utilisant les résultats du catalogage. Mais les données étaient habituellement fournies sur CD-ROM ou un support semblable. Ainsi on a commencé à s'attaquer aux problèmes d'inefficacité, d'identification des données et de gérance, sans toutefois régler les problèmes attribuables aux formats incompatibles, à la redondance, au manque de fiabilité, aux coûts de stockage, etc.

L'Internet, combiné aux nouvelles technologies et aux nouvelles normes, a transformé l'IDG qui s'est modernisée mais dont l'évolution se poursuit. L'application des actuels programmes d'IDG fait appel à l'Internet et à la technologie du navigateur pour découvrir des ensembles de données, visualiser les données en ligne et, au besoin, consulter les données par téléchargement ou en direct grâce à un service de transmission sur Internet. Ce modèle assure la combinaison en temps réel de données de nombreuses sources. Chaque ressource est annoncée et maintenue « près de la source », idéalement le créateur des données. Le modèle inclut des processus « descendants » et « ascendants ». Les grands organismes gouvernementaux produisent ce qu'on appelle les couches cadres, comme les données topographiques, alors que les personnes ou les collectivités peuvent publier des données sur un plus grand nombre de phénomènes locaux, comme les relevés de visu de la faune, et sur l'état de l'environnement.

Toutes ces ressources existaient peut-être avant la conceptualisation ou l'introduction des IDG, mais les IDG apportent un cadre innovateur pour l'intégration des données, de sorte qu'il peut servir à créer de l'information et des connaissances propres à certaines applications. Si on tient compte des besoins en information en rapport avec le bon gouvernement et la souveraineté dans le Nord canadien, une IDG peut fournir un cadre utile qui aidera à combler ces besoins. L'IDG peut aider à créer les réseaux institutionnels, techniques et sociaux nécessaires pour générer et permettre de consulter les types de données ci-après en rapport avec la souveraineté :

- données sur le territoire (démarcation des limites) ;
- données opérationnelles (circulation maritime, étendue des glaces de mer) ;
- données sur l'occupation réelle (zones de chasse et de pêche, utilisation des glaces de mer) ;
- données sur l'état de l'environnement (polluants, répartition des espèces) ;
- modèles de prévision (climat, opérationnels, économiques).

Il faut savoir qu'une IDG telle qu'elle est décrite ici ne se limite pas à une échelle géographique en particulier, et qu'elle n'est pas impulsée uniquement par un ordre de gouvernement ou par un ministère. Le concept repose sur la formation d'un réseau humain regroupant un grand nombre de participants, réseau qui peut créer et soutenir un réseau d'information à multiples échelles. Selon ce concept, une contribution locale, comme une entrée géographiquement référencée dans un « blogue »[3] personnel peut être aussi importante que l'inclusion d'un modèle de prévision pour l'ensemble d'une région. Les deux contribuent à la caractérisation et à la compréhension de l'environnement physique-social.

Le Canada est un leader de l'élaboration de la théorie de l'IDG et de la pratique. Cette activité a donné lieu à la formation d'une IDG nationale appelée Infrastructure canadienne de données géospatiales.

CRÉATION DE L'INFRASTRUCTURE CANADIENNE DE DONNÉES GÉOSPATIALES

Le Canada qui, comme on l'a déjà indiqué, est reconnu dans le monde entier comme le réalisateur du premier SIG international, est également réputé comme l'un des premiers pays à avoir mis sur pied une infrastructure de données géospatiales. Le débat à propos de la création d'une IDG pour le Canada a été amorcé au début des années 1990, et le concept a évolué au point où, en 1999, des crédits ont été accordés à un programme fédéral pour la création d'une IDG nationale. Le programme GéoConnexions est un programme de partenariat national qui a été créé pour développer davantage et accroître

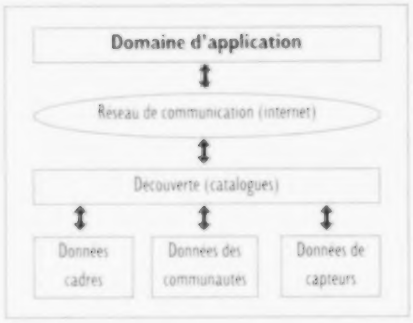


Figure 2

Modèle conceptuel d'une infrastructure de données géospatiales (IDG). L'IDG facilite la découverte de données utilisées dans les applications. Les données cadres sont habituellement produites par les gouvernements. De plus en plus, les données des communautés (y compris les communautés de praticiens) et des capteurs de variables d'environnement contribuent aux IDG.

l'infrastructure canadienne de données géospatiales (ICDG). Cette infrastructure a pour but de fournir aux Canadiens et Canadiennes l'accès sur demande à de l'information géographique (p. ex. cartes et images satellites) et des services et applications connexes à l'appui de décisions judicieuses. Ses quatre volets clés – données-cadres nationales, politiques sur les données communes, normes techniques et technologies habilitantes – interagissent pour l'atteinte de ce but.

La première phase du programme (1999–2005) portait sur la création des composantes du cadre, comme les services de découverte et la technologie. L'actuel programme qui couvre la période 2005–2010, s'attache à faire en sorte que l'ICDG puisse répondre aux besoins des utilisateurs, en créant des applications qui utilisent l'infrastructure, et non pas l'infrastructure comme telle. Pour de plus amples renseignements sur le programme GéoConnexions et l'ICDG, veuillez consulter le site Web www.geoconnections.org.

L'ICDG, devrait jouer un rôle important dans la mise sur pied d'une IDG pour le Nord canadien.

LA VOIE À SUIVRE : LA SOUVERAINETÉ DANS L'ARCTIQUE CANADIEN ET L'IDG

Actuellement, il n'y a pas de stratégie à long terme précise qui tient compte des préoccupations en rapport avec la souveraineté dans l'Arctique canadien – même si l'actuel gouvernement semble adopter une approche favorisant la « ligne dure », c'est-à-dire une forte présence militaire et l'occupation réelle. L'une des autres solutions est l'utilisation du système du Traité sur l'Antarctique comme modèle pour le règlement des revendications territoriales et pour la gestion des ressources et de l'environnement dans l'Arctique (Ibbitson, 2006; Nowlan, 2001). Selon ce modèle, les revendications territoriales sont mises de côté – elles ne sont ni reconnues, ni récusées. La gestion intégrée des ressources et la protection de l'environnement sont régies par une politique et un régime juridique mis en place en vertu d'un protocole relatif à la protection de l'environnement, rattaché au Traité sur l'Antarctique, et par d'autres instruments du traité.

Ces mécanismes sont efficaces pour la gestion de diverses facettes de la géopolitique antarctique et de la gérance de l'environnement. Le système reconnaît la valeur d'une infrastructure de données bien conçue qui appuie le système du traité et la recherche scientifique. Dans la région antarctique, l'établissement d'une infrastructure de données (y compris l'infrastructure de données géospatiales) est pris en charge par un certain nombre d'organismes et de programmes, dont le secrétariat du Traité sur l'Antarctique (www.ats.aq), le Comité conjoint de gestion des données sur l'Antarctique (www.jcadm.scar.org) et l'Antarctic Spatial Data Infrastructure (www.antsdi.scar.org). On note une coopération croissante de ces organismes pour l'établissement d'une infrastructure de données intégrée globale pour la région antarctique.

Une infrastructure semblable pourrait être fort avantageuse pour la région arctique. Les responsables travaillent déjà à l'élaboration de projets régionaux. Dans le cadre du projet

3 L'équivalent français est « carnet Web », c'est-à-dire une chronique (ou bulletin) qui est souvent mise à jour, rédigée à l'intention du grand public. D'habitude, un blogue reflète la personnalité de son auteur ou le site Web. Une entrée dans un blogue peut être géographiquement « étiquetée » (référencée) à l'aide du protocole GeoRSS (voir le site www.georss.org).

GIT Barents, la Russie, la Finlande, la Suède et la Norvège ont collaboré à l'établissement d'une infrastructure géographique conjointe dans la région de Barents (www.gitbarents.fi). À partir des de données nationales existantes, ce projet a créé une base de données géographiques homogène qui couvre toute la région de Barents, selon des échelles de 1 : 1, 1 : 3 et 1 : 12 millions. Les résultats sont diffusés à l'aide d'une infrastructure Internet qui facilite l'accès à l'information et son utilisation. Parallèlement, le système permet la mise à jour et le maintien des bases de données près de leur source, c.-à-d. dans chacun des pays coopérants. La technologie choisie permet à l'utilisateur de voir une combinaison de données géographiques et thématiques, des images satellites qui montrent un plus grand nombre de caractéristiques géographiques comme les routes, les voies ferroviaires, les établissements, l'hydrographie, etc. L'approche utilisée est semblable à celle du projet INSPIRE qui a été approuvé dernièrement par l'Union européenne pour créer une IDG sans failles couvrant toute l'Europe (www.ec-gis.org/inspire).

Dans la même veine, le gouvernement du Canada a créé de nombreux éléments d'infrastructure de données géospatiales sur l'Arctique, par l'entremise du programme GéoConnexions de Ressources naturelles Canada, de l'infrastructure canadienne de données géospatiales et des programmes prioritaires, comme La géomatique à l'appui du développement du Nord (cess.nrcan.gc.ca/2002_2006/gnd/index_f.php). Des intervenants locaux travaillent eux aussi à la création des ressources. Le gouvernement du Yukon a un programme de géomatique bien établi (www.geomaticsyukon.ca). Des organismes de planification comme le Yukon Land Use Planning Council ont créé un atlas en ligne qui inclut des outils d'analyse géospatiale (www.planyukon.ca). Ces initiatives, ainsi que les projets communautaires, peuvent contribuer à une IDG pouvant servir à accroître l'information et le savoir, dans une optique de bon gouvernement et de bonne gestion pour le Nord canadien – et elles aideront le Canada à régler les questions de souveraineté.

Actuellement, il n'existe aucun programme coordonné d'infrastructure de données géospatiales centré sur le Nord et l'Arctique, que ce soit au niveau national ou pour l'ensemble de la région. Bon nombre des éléments nécessaires existent déjà, mais il n'y a pas de coordination efficace. Ici les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, ainsi que les administrations locales – peuvent tous participer à la création de l'infrastructure – comme les collectivités et les citoyens. Les organismes internationaux, comme le Conseil de l'Arctique, peuvent aussi jouer un rôle important. Comme le déroulement du programme de l'Année polaire internationale a commencé, les aspects collaboratifs de la création de l'IDG pourraient être facilités par les activités en cours, comme la conférence API GeoNord 2007 (cess.nrcan.gc.ca/ipygeonorth/index_f.php). Cette conférence vise à réunir les principaux acteurs nationaux pour le bassin arctique afin d'engager un débat sur les mesures conjointes à prendre. La logique voulant que l'infrastructure créée par le Canada puisse au moins être exploitable avec celle créée par les pays nordiques de l'Europe s'impose. Le leadership du Canada à cet égard serait un acte symbolique important pour faire valoir notre souveraineté.

Comme l'Antarctique, l'Arctique est une région où les questions de souveraineté sont préoccupantes et la recherche scientifique intense. En outre, la nécessité d'exploiter les ressources est de plus en plus pressante. À la différence de l'Antarctique, la région arctique compte des milliers de résidants permanents. Notre façon de gérer les préoccupations sur la souveraineté et d'assurer l'intendance environnementale aura donc une influence considérable sur la vie de nombreuses personnes. Une infrastructure de données géospatiales efficace peut contribuer à l'intendance fructueuse, en aidant à trouver des solutions constructives aux problèmes de souveraineté, ainsi qu'à la gestion judicieuse des ressources et de l'environnement.

Peter L. Pulsifer (candidat au doctorat) et D.R.F. Taylor (distingué professeur de recherche) travaillent tous deux au Centre de géomatique et de recherche cartographique du Département de géographie de l'Université Carleton.

Références

Canadian Broadcasting Corportation. « Harper promises to defend arctic sovereignty ». CBC News, 12 août 2006, 21 h 20, TMG.

Griffiths, F., 8 novembre 2006. « Our artic sovereignty is well in hand ». *The Globe and Mail*, p. A25.

Henrikson, A.K., 1999. « The power and politics of maps ». Dans G.J. Demko et W.B. Wood (éd.), *Reordering the world: Geopolitical perspectives on the 21st century* (p. 94–96). Boulder, CO: Westview Press.

Huebert, R., 17 août 2006. « Arctic sovereignty's packed in policy ice jam ». *The Globe and Mail*, p. A15.

Ibbitson, J., 20 décembre 2006. « Let's defuse northwest passage row ». *The Globe and Mail*.

Morantz, A., 2002. *Where is here? Canada's maps and the stories they tell*. Toronto : Penguin Books.

Nowlan, L., 2001. *Arctic legal regime for environmental protection*. Gland, Suisse, Cambridge, R.-U. et ICEL, Bonn, Allemagne : UICN Union mondiale pour la nature.

NU, 2007. Océans et le droit de la mer. Consulté le 5 janvier 2007 sur le site www.un.org/french/law/los/index.htm.

E.-U., 1994. Executive order 12906 – coordinating geographic data acquisition and access: The national spatial data infrastructure. *Federal Register*, 59(71).

Wilson, K.J., J. Falkingham, H. Melling et R. De Abreu, 20–24 septembre 2004. *Shipping in the Canadian arctic: Other possible climate change scenarios*. Texte présenté au Geosciences and Remote Sensing Symposium, IGARSS '04, Anchorage, Alaska.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier M. Olav Loken qui leur a recommandé plusieurs articles mentionnés dans ce texte.

L'UTILISATION DES SÉDIMENTS DES LACS POUR RECONSTITUER LES CHANGEMENTS ENVIRONNEMENTAUX DANS L'ARCTIQUE

Marianne S.V. Douglas et John P. Smol

Les latitudes arctiques fournissent sans contredit la preuve d'un changement environnemental rapide. En novembre 2004, le Conseil de l'Arctique a publié son rapport intitulé *Arctic Climate Impact Assessment* (ACIA, 2004). Ainsi le Conseil de l'Arctique, qui regroupe huit nations circumarctiques, répondait en partie aux observations de citoyens préoccupés par les changements rapides qui se produisent dans les hautes latitudes et nuisent souvent aux humains et aux animaux sauvages dont la survie dépend tellement des liens qui les unissent à la terre. À l'évidence, les habitants de l'Arctique remarquent ces changements. Cependant, il est difficile de documenter les tendances des changements environnementaux à long terme, à cause du manque de données historiques pour de nombreuses régions polaires. Heureusement, divers indices paléoenvironnementaux permettent d'obtenir des données instrumentales portant sur une plus longue période. Cet article présente le résumé de travaux de recherche paléolimnologique menés pour expliquer l'étendue et l'impact du réchauffement et des changements environnementaux dans l'Arctique canadien.

L'ACIA documente de nombreux changements propres au milieu arctique, notamment la fonte des glaciers, l'amincissement et le retrait des glaces marines, l'allongement des étés, la fonte du pergélisol, l'élévation du niveau des mers, l'extension (et la contraction ultérieure) des aires biogéographiques de certaines espèces animales et végétales, l'augmentation de l'exposition aux rayons ultraviolets due à l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique ainsi que le transport de polluants, comme les polluants organiques persistants (POP) et les métaux (mercure, etc.), depuis des zones situées plus au sud jusqu'à l'Arctique, par les fleuves, les courants océaniques et les vents. Les répercussions cumulatives de ces nombreux facteurs qui changent sont vraisemblablement synergétiques, (c.-à-c. additifs), et même s'il est difficile de les mesurer directement sur une longue période, on sait qu'elles nuisent aux écosystèmes.

Il peut être difficile de déterminer l'étendue et la nature des changements environnementaux puisque le degré de changement est souvent une mesure relative. Compte tenu de la variabilité naturelle dans les écosystèmes, il importe de placer les changements observés dans leur contexte temporel et spatial à l'aide de données de base. Si l'on veut, par exemple, déterminer si les températures moyennes augmentent (ou diminuent), il faut avoir de longues séries chronologiques de mesure des températures (ou un autre indice du climat). Dans l'Arctique, où les enregistrements de la température effectués à l'aide d'instruments portent sur une courte période, soit moins de 50 ans en général, il est difficile d'obtenir cette information seulement par des mesures faites avec des instruments. Heureusement, il existe divers moyens d'obtenir des indices substitutifs pour ces données manquantes, qui peuvent servir à déterminer quand certains changements environnementaux se sont produits dans le passé et leur ampleur.

On peut utiliser diverses archives environnementales naturelles pour surveiller les changements environnementaux à long terme, bien que les nappes glaciaires et les sédiments des océans et des lacs soient les éléments le plus souvent utilisés dans les régions arctiques. Les carottes de glace prélevées dans les nappes glaciaires des zones polaires, par exemple, offrent un vaste échantillon de renseignements sur

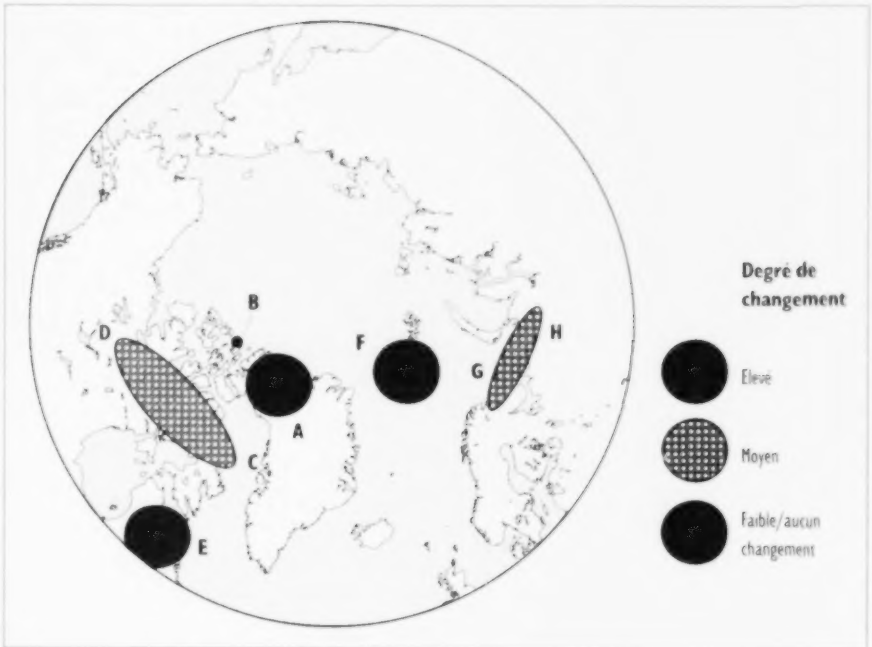


Figure 1
Projection sur la zone circumarctique indiquant le degré de changements récents observés depuis le début des années 1800 dans les assemblages de diatomées que renferment les sédiments des lacs. Les sites A–H sont les endroits où l'on a fait des analyses paléolimnologiques. A : île d'Ellesmere; B : île Ellef Ringnes; C : île de Baffin; D : Territoires du Nord-Ouest; E : Nord du Québec; F : Spitzbergen; G : Laponie en Finlande; H : Oural polaire. Pour plus de détails, les intéressés peuvent se reporter à la figure 1, Smol et *al.*, 2005. Modifié de Smol et *al.* (2005).

l'environnement des diverses époques, notamment les données obtenues des bulles d'air piégées à partir desquelles on peut prendre des mesures qui indiquent les conditions atmosphériques, ainsi que des indices des polluants et des changements climatiques du passé. En outre, les carottes de sédiments prélevées dans les bassins des océans et des lacs apportent d'autres archives des environnements du passé, comme les microfossiles et d'autres indicateurs préservés dans la matrice de boue qui fournissent de l'information sur l'état de l'environnement au moment où les dépôts se sont formés. L'étude des sédiments des lacs, appelée paléolimnologie, est en fait un moyen fort utile de reconstituer les conditions environnementales qui ont marqué les régions polaires aux époques passées (Pienitz *et al.*, 2004). En fait, les lecteurs de *Méridien* peuvent se reporter à l'article de Wolfe *et al.* (2006) qui ont utilisé des techniques semblables pour reconstituer les conditions environnementales aquatiques qui prévalaient jadis dans l'écosystème du delta Paix-Athabasca.

Des changements environnementaux spectaculaires observés dans les sédiments des lacs, qui pourraient être liés au récent réchauffement climatique, ont été signalés pour la première fois sur la côte est-centre de l'île d'Ellesmere au milieu des années 1990 (Douglas *et al.*, 1994). L'étude d'algues microfossiles appelées diatomées trouvées dans les sédiments d'étangs peu profonds a permis de constater que des changements sans précédent s'étaient produits dans la structure des communautés d'algues des étangs d'eau douce du cap Herschel et que ces changements sont probablement dus au réchauffement.

Les diatomées sont d'excellents microfossiles qui servent aux analyses paléolimnologiques, car les parois de leurs cellules sont en verre; elles se préservent donc bien dans les sédiments. Différentes espèces, qu'on peut identifier d'après l'ornementation que forment leurs parois cellulaires en verre sculpté, sont caractérisées par différents optimums écologiques. Donc, lorsqu'on les trouve dans les sédiments, on peut savoir par inférence quelles étaient les conditions environnementales au moment où les diatomées s'y sont déposées, en se basant sur les espèces de diatomées repérées. Sur l'île d'Ellesmere, les assemblages de diatomées ont révélé des faits surprenants : pendant des milliers d'années seules un petit nombre d'espèces ont proliféré. Mais à partir des années 1800, l'assemblage a été remplacé par un groupement qui montrait une plus grande diversité et qui comprenait des espèces indicatrices de milieux plus chauds. À l'aide de techniques de datation radiométrique, comme la datation au ^{210}Pb, il a été possible de déterminer le moment approximatif où le changement s'était produit.

Une carotte courte obtenue par gravité, prélevée d'un étang au cap Herschel, île d'Ellesmere. Photo : M.S.V. Douglas

Curieusement, le changement dans l'assemblage s'était produit très rapidement, sans doute en moins d'une décennie. Un seuil écologique avait été dépassé. On peut écarter les hypothèses selon lesquelles ces changements dans les espèces auraient pu être causés par la pollution, l'appauvrissement de l'ozone, la mauvaise préservation des microfossiles ou le carottage (Douglas *et al.*, 1994). Une étude ultérieure des diatomées d'eau douce qui vivent actuellement dans l'Arctique canadien a révélé que les espèces qui peuplaient les étangs avant les récents changements étaient caractéristiques des environnements plus froids où la couverture de glace était plus épaisse. Le moment où les changements se sont produits et leur ampleur ont indiqué que le réchauffement dans l'Arctique était vraisemblablement lié à ces changements marqués dans les assemblages. (Douglas *et al.*, 1994).

Au cours de la décennie qui a suivi l'étude initiale menée en 1994, de nombreux chercheurs ont fait part de constatations paléolimnologiques semblables pour l'ensemble de la zone circumarctique. Outre le fait que les assemblages de diatomées montraient des tendances semblables pour toute la région arctique, on a noté des changements parallèles dans des indicateurs situés à un plus haut niveau de la chaîne trophique, notamment les chironomes (Quinlan *et al.*, 2005) et d'autres espèces de zooplancton, comme les cladocères. Une méta-analyse réalisée sur plus de 40 profils de sédiments prélevés dans l'ensemble de la zone circumarctique a révélé des tendances frappantes pour un grand nombre de lacs et d'étangs (Smol *et al.*, 2005). Le moment où les changements environnementaux se sont produits et leur ampleur variaient en fonction du lieu géographique (comme on pouvait s'y attendre pour un environnement aussi hétérogène), mais les chercheurs ont tout de même observé plusieurs tendances notables. En général, les plus grands changements dans le renouvellement des espèces ont été notés aux plus hautes latitudes, aux endroits les plus sensibles (les moins profonds), alors que des changements moins spectaculaires ont été observés à des moindres latitudes (fig. 1). Des régions qui n'avaient pas connu un aussi grand réchauffement (au moment où ces études ont été faites), comme le Nord du Québec et le Labrador, ne montraient pas des changements significatifs dans les assemblages de diatomées (fig. 1). Les analyses paléolimnologiques ont apporté un moyen efficace et fiable pour faire la surveillance des changements environnementaux.

Bon nombre des changements environnementaux qui ont été observés dans l'Arctique devraient s'intensifier puisque les impacts sont cumulatifs. Le rythme de dépôt de polluants

Une diatomee du genre Cymbella. Photo : Dermot Antoniades.

dans le Nord, par exemple, pourrait s'accelerer, et les effets des polluants s'aggraver suite au rechauffement. Une grande variete de polluants organiques persistants, par exemple, sont transportes vers les regions polaires par les courants atmospheriques et oceaniques. Mais encore une fois, il est difficile d'etablir les tendances relativement au depot de ces polluants au cours des époques passees sans considerer les prelevements de sediments (Blais et Muir, 2001). Une nouvelle branche de la recherche s'interesse au transport des contaminants par des vecteurs biologiques (Blais *et al.*, 2007; Evenset *et al.*, 2004), comme les oiseaux marins. Un exemple canadien recent, Blais *et al.* (2005) ont examine les sediments superficiels de plusieurs etangs de l'île Devon affectes a differents degrés par les oiseaux reproducteurs. Ils ont montre que les sediments preleves le plus pres de la source (les oiseaux reproducteurs) contenaient les plus hauts niveaux de contaminants. Actuellement, dans le but de determiner le moment ou les contaminants se sont deposes dans ce secteur et les taux de depot, les chercheurs examinent les carottes de sediments qui leur donneront une perspective temporelle pour les etudes sur les contaminants (une est en cours).

Meme si les gens du Nord ont remarque bon nombre de changements environnementaux, les indicateurs sont en grande partie macroscopiques, c.-a-d. que la conclusion se fonde sur des changements facilement observables, comme l'extension des aires occupees par divers oiseaux et insectes, la diminution de l'epaisseur et de l'etendue des glaces marines, etc. Pour pouvoir faire davantage d'etudes sur les epoques passees, nous devons ajouter a ces observations des données substitutives preservees dans les profils geologiques obtenus grace aux techniques de paleolimnologie.

Marianne S.V. Douglas est directrice de l'Institut circumpolaire canadien et professeure au Département des sciences de la terre et de l'atmosphère à l'Université de l'Alberta. John P. Smol est professeur au Département de biologie de l'Université Queen's et Membre de la Société royale du Canada. Il est titulaire d'une chaire de recherche du Canada pour les changements environnementaux.

References

ACIA, 2004. Impacts of a warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment. Presses de l'Université Cambridge. www.amap.no/acia.

Blais, J.M. et D.C.G. Muir, 2001. Paleolimnological methods and applications for persistent organic pollutants. Dans Last, W.M. et J.P. Smol (éd.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 2: Physical and Geochemical Methods*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 271–298.

Blais, J.M., L.E. Kimpe, D. McMahon, B.E. Keatley, M.L. Mallory, M.S.V. Douglas et J.P. Smol, 2005. Arctic seabirds transport marine-derived contaminants. *Science*, 309: 445.

Blais, J.M., R.W. Macdonald, D. Mackay, E. Webster, C. Harvey et J.P. Smol, 2007. Biologically mediated transport of contaminants to aquatic ecosystems. *Environmental Science & Technology*, 41: 1075–1084.

Douglas, M.S.V., J.P. Smol et W. Blake Jr., 1994. Marked post-18th century environmental change in high-arctic ecosystems. *Science*, 266: 416–419.

Evenset, A., G.N. Christensen, T. Skotvold, E. Fjeld, M. Schlabach, E. Wartena et D. Gregor, 2004. A comparison of organic contaminants in two high Arctic lake ecosystems, Bjornoya (Ile Bear), Norvege. *Science of the Total Environment*, 318, 125–141.

Pienitz, R., M.S.V. Douglas et J.P. Smol (éd.), 2004. *Long-Term Environmental Change in Arctic and Antarctic Lakes*. Springer, Dordrecht.

Quinlan, R., M.S.V. Douglas et J.P. Smol, 2005. Food web changes in Arctic ecosystems related to climate warming. *Global Change Biology*, 11: 1381–186.

Smol, J.P., A.P. Wolfe, H.J.B Birks, M.S.V. Douglas, V.J. Jones, A. Korhola, R. Pienitz, K. Rühland, S. Sorvari, D. Antoniades, S.J. Brooks, M.-A. Fallu, M. Hughes, B.E. Keatley, T.E. Laing, N. Michelutti, L. Nazarova, M. Nyman, A.M. Paterson, B. Perren, R. Quinlan, M. Rautio, E. Saulnier-Talbot, S. Siitonen, N. Solovieva et J. Weckström, 2005. Climate-driven regime shifts in the biological communities of arctic lakes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102: 4397–4402.

Wolfe, B.B., R.I. Hall et T.W.D. Edwards, 2006. Evaluation de l'écosystème du delta Paix-Athabasca : Contestation du paradigme selon une perspective paleoenvironnementale. *Meridien* automne-hiver 2006, p. 7–12.

RECHERCHE SUR LES ÉCOSYSTÈMES AQUATIQUES ARCTIQUES : LE PRÉSENT ET L'AVENIR

Terry A. Dick et Colin P. Gallagher

INTRODUCTION

Le réchauffement planétaire et l'extraction des ressources auront des répercussions majeures sur les écosystèmes aquatiques de l'Arctique, et nous n'avons encore recueilli toutes les données de base nécessaires sur la plupart de ces systèmes. Une grande partie de notre recherche porte sur les écosystèmes d'eau douce et les écosystèmes marins, notamment la chaîne alimentaire et l'activité trophique des poissons. Comme nous avons déjà traité de l'importance de la chaîne alimentaire pour les poissons des milieux marins de l'Arctique dans un précédent article de *Meridien* (Dick et Chambers, 2005), la question ne sera pas exposée en détail ici. Toutefois, les études que nous avons menées jusqu'ici permettent de tirer des conclusions générales : les chaînes alimentaires des milieux marins de l'Arctique semblent être un continuum caractérisé par la perte de certaines espèces dans le Nord (Chambers et Dick, 2006); il y a une corrélation entre les variables océaniques physiques et la répartition des espèces de poissons (Jorgensen *et al.*, 2005; Chambers et Dick, 2006); et la méthode traditionnelle de guilde de poissons utilisée pour décrire la structure trophique des communautés halieutiques ne semble pas convenir aux systèmes marins de l'Arctique (Chambers et Dick, 2006).

Le présent rapport expose les résultats des recherches menées dans les estuaires, les lacs d'eau douce et les cours d'eau, selon une perspective tenant compte des sources d'énergie et de l'utilisation des habitats par les poissons. Il traite aussi de notre collaboration avec le Collège de l'Arctique du Nunavut.

COMMUNAUTÉS HALIEUTIQUES CÔTIÈRES ET DES ESTUAIRES

Les pêches de subsistance de l'omble arctique près des côtes et dans les estuaires sont importantes pour de nombreuses collectivités de l'Arctique (Dick et Chambers, 2005). Nous possédons de l'information sur les stocks de poissons dans ces zones, mais nous sommes beaucoup moins renseignés sur la communauté halieutique côtière en ce qui a trait à l'utilisation des habitats, à la concurrence – intraspécifique (entre les poissons d'une même espèce) et interspécifique (entre les espèces de poissons) – et aux interactions entre les poissons et l'environnement. Nous avons terminé une série d'études sur deux des plus importantes espèces de poissons de la zone côtière de la baie Frobisher, près d'Iqaluit. Ainsi nous avons examiné la biologie, la croissance, les habitudes alimentaires, les parasites ainsi que les isotopes stables de l'omble arctique (*Salvelinus alpinus*) et du chaboisseau à épines courtes (*Myoxocephalus scorpius*) dans le but de consigner des renseignements de base avant que les effets majeurs du réchauffement planétaire se fassent sentir.

L'omble arctique, un poisson anadrome, emmagasine la plus grande partie de son énergie durant le court été arctique, quand il se nourrit dans la zone pélagique (eaux libres) de l'océan. Le chaboisseau à épines courtes demeure dans l'océan toute l'année et trouve sa nourriture surtout dans la zone benthique (fond de l'océan). Les données que nous avons obtenues jusqu'ici montrent un faible degré de chevauchement dans les besoins en énergie et la concurrence interspécifique entre l'omble et le chaboisseau à épines courtes (fig. 1). Mais nous estimons que l'invasion d'espèces non indigènes augmentera la concurrence pour la nourriture et l'espace occupé.

Un modèle de prévision sur l'énergie pour les poissons des systèmes marins arctiques changeants demande l'évaluation des coûts en énergie pour répondre aux besoins métaboliques de base et assurer la croissance, ainsi que des méthodes pour déterminer les liens qui existent entre les changements physiques propres

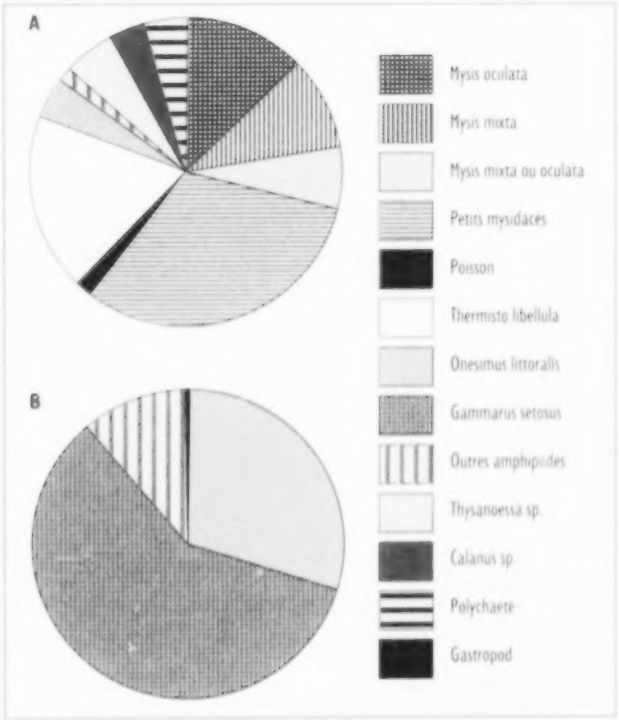


Figure 1
Fréquence en pourcentage des aliments trouvés dans les ombles arctiques du
A) fleuve Sylvia Grinnell
B) et dans les chaboisseaux à épines courtes de Peterhead Inlet et du fleuve Sylvia Grinnell

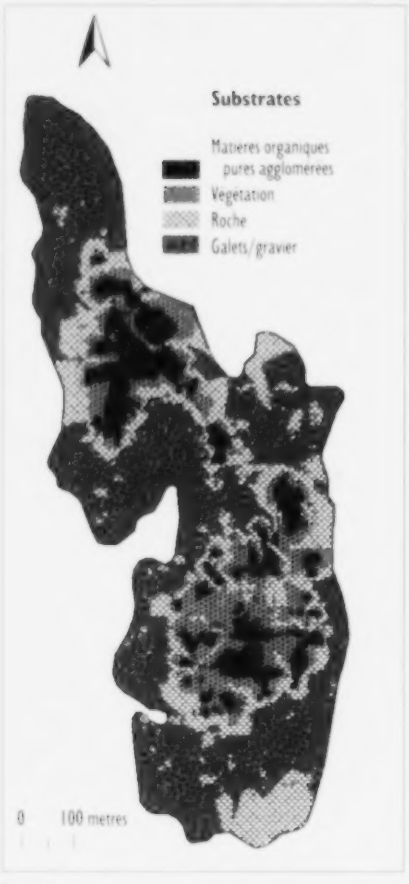


Figure 2
Carte des substrats du lac Iqalugaajuruluit etablie à l'aide de données recueillies avec le materiel QTV View série V pour créer une carte dans Arcmap.

au milieu marin et à la biote, notamment le comportement des poissons et leurs habitudes alimentaires. Nous consolidons nos données sur la croissance, l'apport énergétique et la qualité de l'alimentation. À cet égard, nous avons établi la teneur énergétique totale des aliments et effectué une analyse immédiate (analyse chimique des grands groupes de constituants alimentaires) sur les principaux aliments.

Le modèle sur l'énergie s'appliquera aux pêches en estuaire des zones côtières dans l'ensemble de l'Arctique. Il devrait permettre d'évaluer les aliments (ressources énergétiques), la concurrence (invasion par des espèces non indigènes) et l'impact des changements dans les variables abiotiques (température, salinité, oxygène, courants) sur les déplacements des poissons. Nous supposons que la façon dont les poissons réagissent à l'échelle locale face aux changements environnementaux, comme les marées – changements d'une heure à l'autre dans la salinité et la température – sera directement liée à la haute mer, où les changements physiques résultant du réchauffement planétaire se produiront lentement. Par ailleurs, la température et le degré de salinité les plus favorables ont une pertinence directe avec nos modèles sur l'énergie pour la croissance des poissons et le temps qu'ils mettent pour atteindre leur maturité sexuelle. Nous supposons aussi que si aujourd'hui la concurrence pour la nourriture est faible, elle s'intensifiera à l'arrivée des espèces non indigènes qui, pour la nourriture et l'espace, rivaliseront avec l'omble arctique – un piètre compétiteur qui sera vraisemblablement le perdant. L'alimentation est importante pour l'optimisation de la croissance, mais les interactions de l'omble avec l'environnement physique auront aussi une influence cruciale pour le succès de cette espèce dans le milieu marin.

De nouveaux outils de recherche – étiquettes acoustiques et récepteurs de longue durée pour téléchargement à distance – ont été mis au point pour faciliter les études sur les déplacements des poissons. Ces outils, combinés à la capacité d'enregistrer des données sur les habitudes d'un poisson, permettront de réaliser des progrès majeurs dans la compréhension des interactions d'un poisson avec son milieu, en temps réel. Nous les avons testés dans des systèmes d'eau douce, pour l'omble arctique dans le lac Iqalugaajuruluit, dans l'île de Baffin, et pour la truite de lac (*salvelinus namaycush*) dans le lac Chitty, T.N.-O. Nous avons utilisé des poissons qui portaient une étiquette acoustique dotée de capteurs pouvant effectuer la localisation, et mesurer la profondeur et la température de l'eau. D'autres technologies acoustiques sont utilisées pour cartographier la profondeur des lacs et les types de substrats présents sur le fond des lacs (fig. 2). La figure 3 montre les déplacements diurnes de la truite de lac sous la glace dans le lac Chitty (Dick *et al.*, 2005). Ceux-ci sont liés à la photopériode et à l'alimentation.

LES SYSTÈMES D'EAU DOUCE

On estime en général que les petits lacs de l'Arctique sont des milieux pauvres en nutriments, qui renferment des communautés halieutiques simples. L'espèce la plus répandue est l'omble arctique, peu importe la taille du lac. En outre, la plupart des lacs de l'Arctique sont petits. Leur ratio volume-superficie est élevé, et la probabilité de prévalence d'un seul type d'habitat est faible (voir la carte des substrats dans le lac Iqalugaajuruluit, fig. 2). Même si les systèmes lacustres sont souvent étudiés comme des entités distinctes – les habitats pélagiques, benthiques et riparien (du littoral) – il existe des liens marqués entre ces systèmes (Schindler et Scheuerell, 2002). Nous supposons que ces petits lacs de l'Arctique sont reliés par des processus physiques, chimiques et biologiques et que les poissons révèlent des associations pour l'ensemble des types d'habitats.

Nous avons étudié la structure trophique (le mode d'alimentation dans un écosystème) dans des petits lacs de l'Arctique, en décrivant les interactions de l'omble arctique et de l'épinoche à neuf épines, pour pouvoir déterminer les sources de l'énergie qui entre dans le lac et le flux de cette énergie dans la communauté halieutique. Ces études portent, entre autres, sur le type d'aliments consommés, les parasites (des indicateurs de la consommation d'aliments puisque certains parasites sont transmis par les aliments et qui, en tant que pathogènes, pourraient être des régulateurs de populations) et les isotopes stables en tant qu'indicateurs des aliments consommés, ainsi que l'interaction de l'omble arctique avec son environnement physique et ses déplacements.

Malgré l'abondance de textes publiés sur l'utilisation des isotopes stables pour décrire la structure trophique des communautés halieutiques, l'interprétation est problématique : un plus grand nombre d'expériences contrôlées doivent être menées pour qu'on puisse déterminer les facteurs qui influent sur les ratios d'isotopes stables du carbone et de l'azote (Hesslein *et al.*, 1993). Une série d'expériences en laboratoire ont été faites dans le but de

déterminer le temps nécessaire pour qu'un isotope stable parvienne à sa nouvelle demi-vie et pour qu'un nouvel équilibre soit atteint après un changement dans le régime alimentaire. On a utilisé de jeunes ombles arctiques de l'année pour faire ces expériences. Les ratios d'isotopes stables pour $\delta^{13}C$ et $\delta^{15}N$ ont atteint un équilibre dès le 56e jour après la première alimentation. La demi-vie des isotopes $\delta^{15}N$ a été calculée à 43,4 et 32,3, et celle des isotopes $\delta^{13}C$, à 24,6 et 29,0 jours pour le régime alimentaire d'un omble arctique composé de vers de vase et de crevettes des salines adultes, respectivement. Le temps nécessaire pour parvenir au stade de demi-vie et pour que les ratios d'isotopes atteignent un nouvel équilibre était lié à la croissance; c'est le jeune omble à croissance rapide qui montrait la plus courte demi-vie des isotopes. D'après les calculs sur les jeunes ombles de l'année qui n'avaient pas grossi mais dont le poids initial avait été maintenu pendant toute la durée de l'essai sur la croissance, on a établi à plus de 700 jours le temps nécessaire à l'atteinte d'une demi-vie pour $\delta^{13}C$ et $\delta^{15}N$ (Isinguzo *et al.*, 2006). Nous convenons avec Hesslein *et al.*, (1993) que, pour les poissons âgés à croissance lente, plusieurs années peuvent être nécessaires pour que le ratio d'isotopes stables atteigne un nouvel équilibre, si leur régime alimentaire est changé, mais le statut nutritionnel d'un poisson sauvage est tout aussi important au regard de son statut trophique. Qui plus est, l'analyse immédiate, les isotopes stables et les données sur la croissance résultant des expériences de changement de régime laissent supposer que la quantité absolue de gras et la quantité relative de gras par rapport aux protéines pourraient être importantes pour les prévisions sur le temps nécessaire pour l'atteinte d'un nouvel équilibre dans le ratio des isotopes stables, surtout pour les espèces des eaux froides. À l'évidence, la prudence s'impose lorsqu'on utilise les isotopes stables pour décrire la structure trophique et les chaînes alimentaires naturelles dans les systèmes aquatiques où on recueille peu d'autres données biologiques.

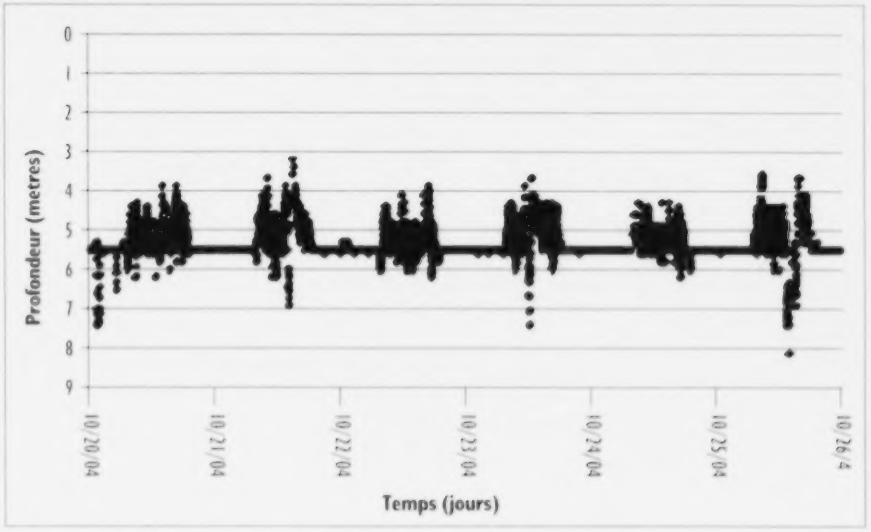


Figure 3
Déplacements diurnes des truites de lac portant une étiquette avec sonde de pression Vemco et données recueillies sous la glace avec un récepteur Vemco VR2.

Comme les ombles se nourrissent surtout d'invertébrés benthiques quand ils sont dans des lacs d'eau douce de l'Arctique, on estime en général minime l'importance du zooplancton comme source d'énergie. Nos données indiquent que le zooplancton est une importante source de nourriture pour l'épinoche à neuf épines, qui est consommée par l'omble – ce qui indique le couplage des habitats. Par ailleurs, nos données et celles de Karlsson et Bystrom (2005) indiquent que la zone littorale est l'une des principales sources d'apport énergétique pour ces petits lacs et que cet habitat des zones côtières est couplé à l'habitat pélagique en raison des déplacements et de l'alimentation des poissons. Le piscivorisme (manger d'autres espèces de poissons) et le cannibalisme des gros ombles est une importante utilisation d'énergie dans le lac. Nos données sur les déplacements de l'omble et les études pour la cartographie des habitats indiquent que les gros ombles utilisent beaucoup une petite portion du lac, en

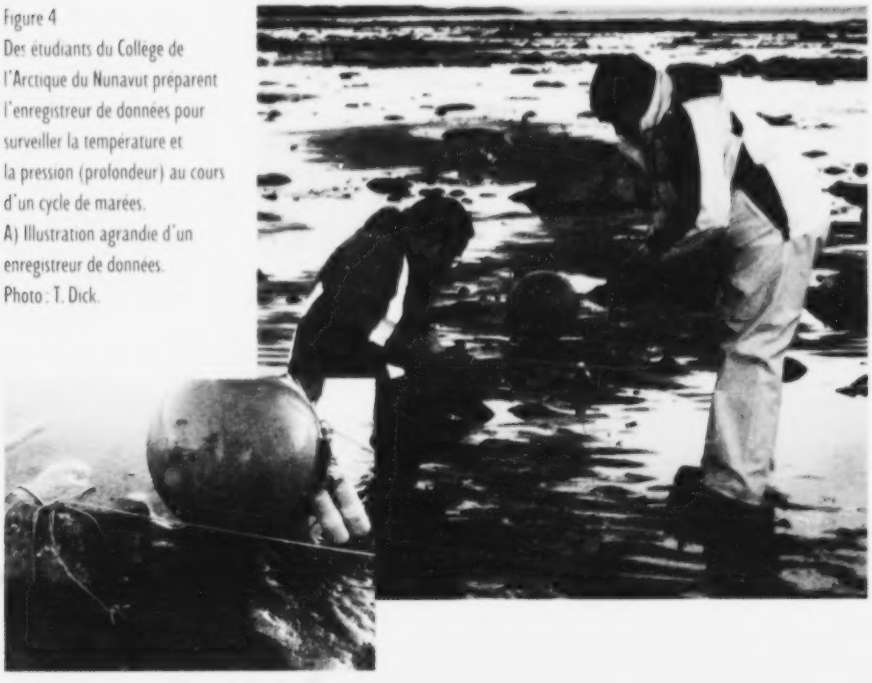


Figure 4
Des étudiants du Collège de l'Arctique du Nunavut préparent l'enregistreur de données pour surveiller la température et la pression (profondeur) au cours d'un cycle de marées.
A) Illustration agrandie d'un enregistreur de données.
Photo : T. Dick.

Figure 5
Des étudiants du Collège de l'Arctique du Nunavut utilisent un débitmètre acoustique portatif pour mesurer le courant d'un bout à l'autre du lit d'un cours d'eau, pour qu'on puisse calculer son débit total. Photo T. Dick.

corrélation avec la température et la profondeur. Nous supposons que cette zone unique – 3,3 % du volume total du lac – pourrait devenir un habitat contraignant pour l'omble arctique si les étés plus chauds réduisaient la quantité d'eau plus froide suffisamment oxygénée dans ces petits lacs (Dick *et al.*, 2006).

La façon dont les ombles confinés aux eaux intérieures interagissent avec leur habitat lacustre est mal connue. Dans le but de documenter les déplacements de l'omble arctique, nous avons recueilli des données acoustiques dans le fond du lac au moyen d'un relevé hydrographique (QTCVIEW Série V) par sonar, pour déterminer les types de substrats et cartographier ces substrats dans un système d'information géographique (SIG). Grâce à un processus de télémétrie acoustique sous-marine, nous avons assemblé des données sur les déplacements de l'omble durant la période d'eaux libres. Ces données provenaient de poissons portant une étiquette acoustique avec récepteurs VR2 (VEMCO) placés à des endroits stratégiques. Pour augmenter la résolution des données de l'étiquetage acoustique, nous avons effectué une analyse multivariable de système (CCA), afin de montrer que la détection des ombles par différents récepteurs acoustiques était agrégative, et donc localisée dans le lac (Dick *et al.*, 2006).

Dans le lac Iqalugaajuruluit, la répartition des ombles étiquetés dépendait de la taille des poissons et était liée à des facteurs abiotiques, comme le type de substrats, la profondeur et la température de l'eau. Les gros ombles (plus de 400 mm) sont peut-être confinés dans des zones plus froides que 6 °C durant la période d'eaux libres, dans les petits lacs de l'Arctique. La répartition des ombles semble liée au type de régime alimentaire : en général, on trouve les gros ombles piscivores dans les couches d'eau les plus profondes qui recouvrent des substrats mous, alors que les petits ombles, qui se nourrissent d'invertébrés et de poissons, se tiennent surtout au-dessus des roches, des galets et des étendues de gravier.

ÉDUCATION

Nous travaillons en étroite collaboration avec le Collège de l'Arctique du Nunavut, en intégrant les constatations de nos recherches dans le programme d'enseignement, pour couvrir des sujets comme la gestion des pêches, la biologie marine, l'écologie des cours d'eaux et la limnologie. Durant les périodes d'opérations sur le terrain au bras Peterhead, à l'automne, les étudiants recueillent des données physiques de l'océan à l'aide d'enregistreurs de données (fig. 6). Ils font des évaluations, surveillent l'écologie

Figure 6
Des étudiants du Collège de l'Arctique du Nunavut utilisent un vilebrequin à glace afin de pratiquer une ouverture pour la collecte de zooplancton et les lectures physiques *in situ*, dans le cadre d'un cours du programme de technologie environnementale donné sur le terrain en hiver. Photo T. Dick.

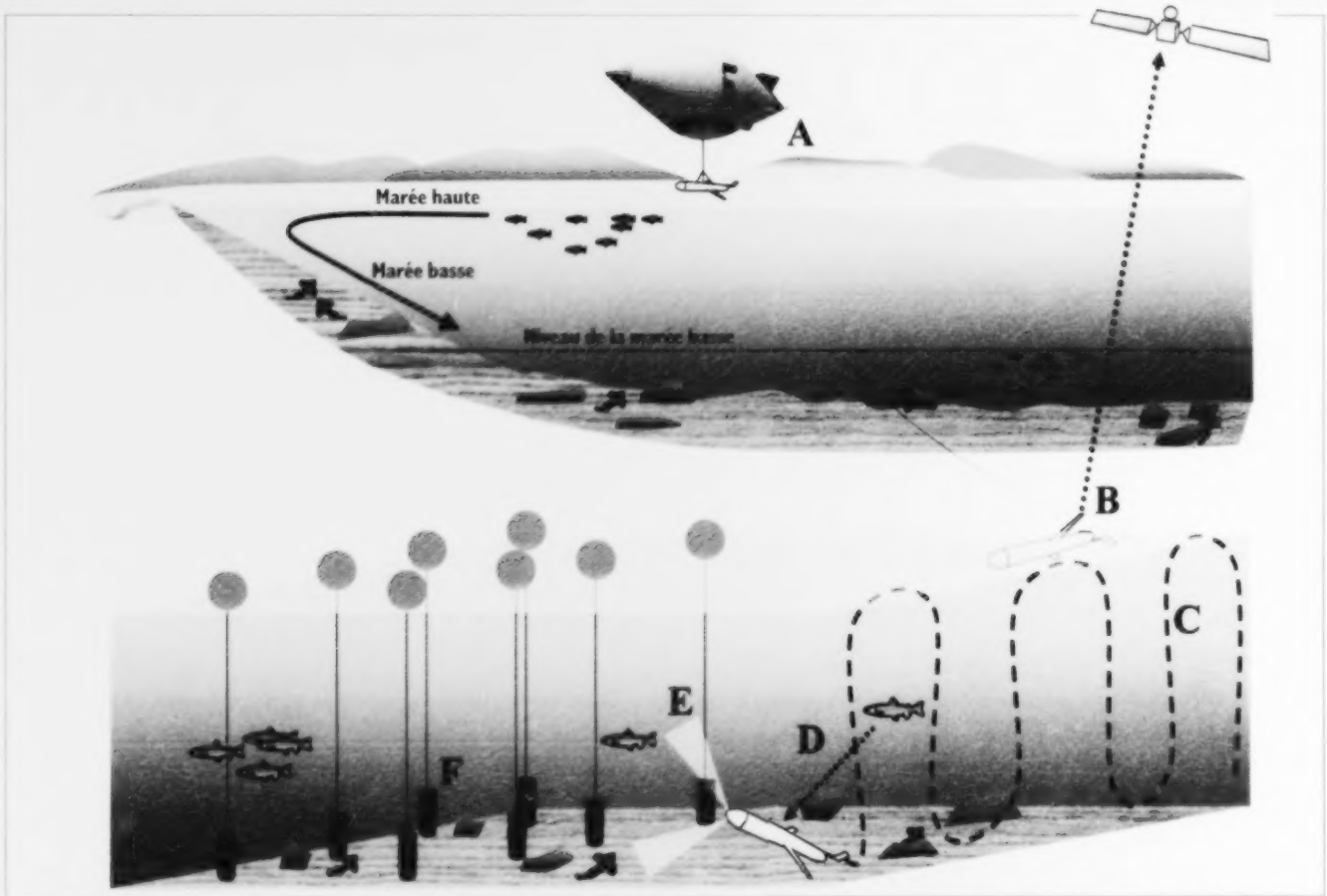


Figure 7
Futures études sur les interactions poissons-environnement. La collecte de données à l'aide de récepteurs passifs demande beaucoup de temps, et comme les opérations nécessitent un grand nombre de récepteurs parce que la gamme de détection est limitée, les coûts sont élevés. Le planeur de plongée mobile recueille simultanément des données sur les variables physiques dans l'océan et l'emplacement des poissons portant une étiquette. Il est programmable, ce qui permet de passer maintes fois sur une aire étendue, sous la glace, au bord de la banquise, et dans des zones éloignées où les données peuvent être transférées vers des satellites. Le dirigeable donne accès aux endroits éloignés durant toute l'année, permettant ainsi le déploiement du planeur dans les polynies en hiver, n'importe où au moment de la dislocation des glaces, et au bord de la banquise, n'importe quand durant l'année.

A : Dirigeable qui lâche un planeur de plongée.
B : Transfert de données du planeur de plongée au satellite et correction de la position du planeur par GPS.
C : Les capteurs installés sur le planeur enregistrent la température, la pression, ainsi que le degré de salinité et d'oxygène pendant qu'il suit une trajectoire programmée dans l'océan.
D : Téléchargement de données sur la pression, la température et l'emplacement qui proviennent des étiquettes acoustiques implantées dans un poisson.
E : Détection de poissons en fonction de la direction et de la distance du planeur de plongée.
F : Système de détection passif pour vérifier l'exactitude des données sur les poissons repérés par le planeur de plongée.

des cours d'eau en rapport avec les substrats et le débit d'eau (fig. 5) et identifient la biote des cours d'eau. Les méthodes ont été normalisées, de sorte que les étudiants de chaque classe recueillent les mêmes données. L'objectif est le suivant : combiner nos intérêts en recherche sur l'habitat des poissons juvéniles et les aliments que renferment les cours d'eau avec la création d'ensembles de données de référence à long terme sur les cours d'eau de l'Arctique. Ces ensembles de données seraient gardés au Collège de l'Arctique du Nunavut et à l'Institut de recherches du Nunavut.

Dans le cadre du programme d'enseignement sur le terrain du Collège de l'Arctique du Nunavut, en hiver (fig. 6), nous avons trouvé des façons de maintenir le matériel en état de fonctionnement et de recueillir des données à de très faibles températures. Aux cours, nous parlons de nos données sur la structure des communautés halieutiques des petits lacs, l'alimentation trophique, les déplacements des ombles (fig. 3), la cartographie des substrats (fig. 2) et les flux énergétiques.

FUTURES RECHERCHES

L'un des aspects de nos futures recherches concerne les interactions poissons-environnement. Les études initiales à cet égard seront menées dans la région d'Iqaluit pour les raisons suivantes : elle est facilement accessible; on peut recourir aux étudiants du collège; et les transfert de connaissances vers le collège et l'ensemble de la collectivité peuvent s'effectuer rapidement. Nous utiliserons des récepteurs acoustiques passifs ainsi que des planeurs de plongée mobiles (fig. 7). Au début, les récepteurs acoustiques

seront disposés dans une grille, pour détecter les déplacements des poissons sur une petite échelle (5–10 km); ils enregistreront les données hydrographiques locales. En nous concentrant sur l'omble arctique et le chaboisseau à épines courtes, *nous voulons déterminer comment* les poissons réagissent au mouvement des marées, où ils trouvent leur nourriture dans la colonne d'eau, les endroits où ils se tiennent en rapport avec la température et les gradients de salinité lorsque la marée monte et baisse. Nous voulons aussi savoir si les déplacements des poissons sont en grande partie passifs ou s'il y a un coût en énergie associé au mouvement des marées.

Ces recherches seront effectuées dans le milieu marin à des profondeurs allant de 5 à 30 m. Les études initiales évalueront les déplacements des poissons sur une échelle brute dans un rayon de 100 km^2. Cette superficie sera ensuite réduite à 1 km^2 lorsqu'on aura trouvé des sites d'activité clés, notamment pour le chaboisseau à épines courtes. On dressera la carte des substrats à l'aide de l'outil QICVIEW série V (fig. 2).

Des données seront recueillies simultanément à l'aide de récepteurs passifs et d'un planeur de plongée (fig. 7). Il y aura deux points d'accès d'hydrophones dans le planeur, une unité mobile capable de se déplacer vers des endroits et à des profondeurs spécifiques, de manière à occuper des grilles spatiales et temporelles contrôlées. Cet engin polyvalent manœuvrable et programmable, actionné par des piles alcalines, peut recevoir des capteurs adaptés et fonctionner pendant 15 à 30 jours à la fois (fig. 7). Il se positionne à l'estime, et il remonte régulièrement à la surface pour rectifier sa position par un système mondial de localisation (GPS).

Les déplacements de chaque omble seront mesurés dans l'estuaire, à Iqaluit, et en même temps des données physiques provenant de l'environnement seront recueillies. Le planeur enregistrera la température, la conductivité, la profondeur, le degré d'oxygène et les courants, verticalement et horizontalement, selon un procédé à haute résolution. Au début, il fonctionnera durant des intervalles de 12–24 heures pour que les opérations coïncident avec le cycle de marées. Après, les données seront téléchargées et les piles remplacées.

Ces données sur les déplacements des poissons fourniront des renseignements sur les zones où l'activité des deux espèces est la plus intense. Ensuite, *la recherche portera sur les* interactions à fine échelle des poissons avec leur environnement dans ces zones, y compris les déplacements des chaboisseaux à épines courtes, mâles et femelles, aux environs des aires de ponte (nids), les déplacements verticaux de l'omble arctique dans la colonne d'eau avec les changements dans les marées, et la question de savoir de quoi se nourrissent les deux espèces de poissons durant le cycle des marées, où et à quels moments.

Bien entendu, cette recherche nous permettra de tester le matériel sur le terrain, mais elle nous aidera aussi à mieux comprendre les bilans énergétiques pour les déplacements des poissons au cours des marées quotidiennes et saisonnières, ainsi que les coûts en énergie nécessaires aux chaboisseaux pour protéger leur progéniture, et les coûts énergétiques associés à l'évitement des prédateurs. En outre, elle apportera des précisions sur la façon dont les poissons réagissent aux variables physiques changeantes dans l'océan. Les données, combinées à l'information sur l'énergie totale apportée par les aliments consommés et sur la qualité des aliments (analyse immédiate), formeront la base des nouveaux modèles sur l'énergie, qui serviront à prédire les réactions des poissons marins face aux changements environnementaux à grande échelle.

Terry Dick est professeur au département de zoologie, à l'Université du Manitoba, et titulaire d'une chaire en recherche nordique du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie. Colin Gallagher est un technicien en recherche supérieur qui possède une vaste expérience de l'Arctique.

Références

Chambers, Chandra, et Terry A. Dick, 2005. Trophic structure of one Deep-Sea Benthic Fish community in the Eastern Canadian Arctic: application of food, parasites and multivariate analysis. *Environmental Biology Fish*, 74: 365–378.

Chambers, Chandra, et Terry A. Dick, 2006. Using environmental variables to predict the structure of deep-sea Arctic fish communities: implications for food web construction. *Arctic Antarctic and Alpine Research*, 39: 1–7.

Dick, Terry A., Colin Gallagher et Aaihui Yang, 2005. Lake Trout Movements and Habitat Use in a Small Northern Lake. Deuxième symposium nord-américain sur la truite de lac, Yellowknife (en cours d'impression).

Dick, Terry A., et Chandra Chambers, 2005. La pêche dans les eaux marines de l'Arctique canadien : nécessité d'établir des politiques et priorités nationales. *Méridien*, printemps-été 2005 p. 1–5.

Dick, Terry A., Colin P. Gallagher et Aihui Yang, 2006. Movements of acoustically tagged Arctic char (*Salvelinus alpinus*) in a small Arctic lake (Iqalugaajuruluit), Baffin Island. *Hydrobiologia* (soumis).

Hesslein, R.H., K.A. Hallard et P. Ramlal, 1993. Replacement of sulfur, carbon, and nitrogen in tissue of growing broad whitefish (*Coregonus nasus*) in response to a change in diet traced by $\delta^{34}S$, $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$. *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 50: 2071–2076.

Karlsson, J. et P. Byström, 2005. Littoral energy mobilization dominates energy supply for top consumers in subarctic lakes. *Limnology and Oceanography*, 50: 538–543.

Isinguzo, Ike, Colin P.Gallagher et Terry A. Dick, 2006. Food particle size, growth and stable isotope signatures of young-of-the-year Arctic char under experimental conditions. *Environmental Biology Fish* (soumis).

Jorgensen, O.A., C. Hvingel, P.R. Moller et M.A. Treble, 2005. Identification and mapping of bottom fish assemblages in Davis Strait and southern Baffin Bay. *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 62: 1833–1852.

Schindler, Daniel et Mark D. Scheuerell, 2002. Habitat coupling in lake ecosystems. *Oikos*, 98: 177–189.

DYNAMIQUE DE LA FORÊT BORÉALE CANADIENNE À L'HEURE DU CHANGEMENT PLANÉTAIRE

Serge Payette

La Chaire en recherche nordique sur l'écologie des perturbations (www.chairenordiquecrsng.ulaval.ca) a été créée en 2005 grâce à l'appui du Conseil de recherches en sciences naturelles et génie du Canada (CRSNG) et à la collaboration de nombreux partenaires impliqués dans le Nord canadien (Administration régionale Kativik, Autorité régionale Cri, Consortium Ouranos sur les changements climatiques et Hydro-Québec). La Chaire aborde les questions de l'évolution et de la stabilité des écosystèmes terrestres nordiques du Canada en fonction des perturbations naturelles et anthropiques, dans le contexte des changements climatiques passés, actuels et futurs. Jusqu'à maintenant, les activités de la Chaire ont assuré l'encadrement et la formation de plusieurs étudiants à la maîtrise et au doctorat dans les deux principaux champs d'intérêt du groupe, soit la dynamique des perturbations naturelles et anthropiques en forêt nordique et la restauration des sites perturbés dans les villages du Moyen-Nord québécois et du Nunavik.

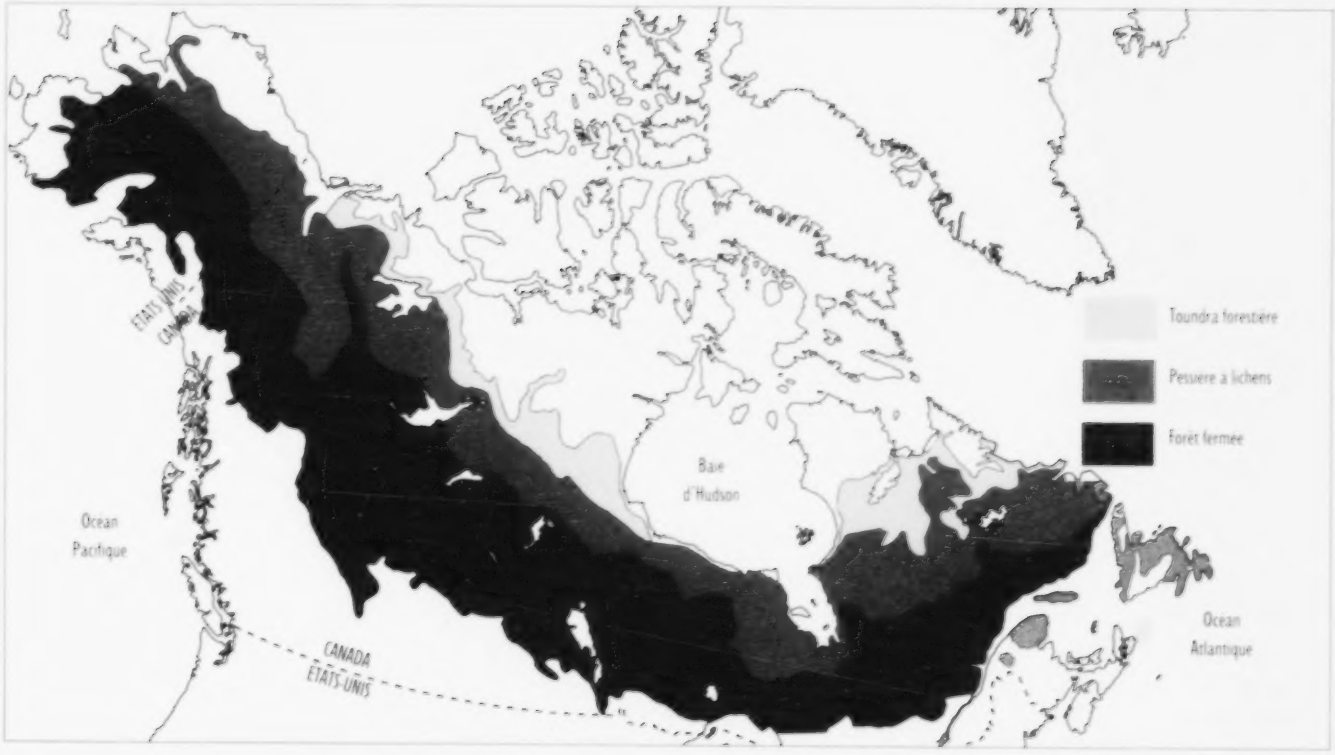
Dans le cadre du volet sur la restauration des sites perturbés, une entente de collaboration avec l'Administration régionale crie et l'administration du village de Whapmagoostui située sur la côte est de la baie d'Hudson a permis d'élaborer un plan de stabilisation et de restauration des surfaces dénudées. Stéphane Boudreau, professeur récemment recruté dans le cadre du programme académique de la Chaire, est responsable de ce volet. Il dirige actuellement dirige deux étudiants de 2e cycle (Ian Boucher et Alexis Deshaies) qui séjournent souvent à Whapmagoostui. Des étudiants du village cri travaillent également dans le cadre du programme de recherche en restauration et font leur apprentissage technique et scientifique comme assistants de recherche. D'autres projets de restauration ont été réalisés du côté du village de Kuujjuaq, sous la responsabilité de Yves Bégin, collaborateur aux travaux de la Chaire et directeur du Centre d'études nordiques de l'Université Laval. Nous voulons nous impliquer davantage dans le domaine de la restauration des sites perturbés en considérant les aspects reliés à la succession écologique naturelle dans le cas de sites aménagés depuis plusieurs décennies, notamment dans les sites miniers et les sites perturbés lors des travaux d'aménagement hydro-électrique en région nordique.

L'Administration régionale Kativik, située à Kuujjuaq, contribue en partie au financement d'une Flore du Québec et du Labrador nordique au nord du 54e parallèle, un projet d'envergure de la Chaire qui s'étale sur plusieurs années. Il s'agit d'une Flore illustrée comprenant la description botanique et biogéographique de tous les taxons vasculaires présents dans cette région, soit environ 800. Des cartes de répartition de chacun d'eux ont été dressées à l'aide des spécimens provenant du Québec-Labrador nordique et consignés dans les principaux herbiers de l'Est canadien, ainsi que dans l'Herbier Gray situé à Boston. Tous les spécimens d'herbier ont été dûment identifiés par les nombreux botanistes de notre équipe qui participent à l'élaboration des clés d'identification et à la description de chaque taxon. L'information provenant de chaque étiquette de spécimens d'herbier a été intégrée dans une banque de données informatisées comprenant plus de 90 000 spécimens. La publication éventuelle de la Flore sera utile dans les divers champs d'application en sciences naturelles, comme la création d'une base de données sur l'état de la biodiversité, le statut des espèces vulnérables ou menacées de la région, l'impact des changements climatiques, ainsi que la dispersion des espèces indigènes, l'expansion des espèces envahissantes et la dynamique des aires de répartition des taxons sensibles aux changements du milieu. Ce projet de la Chaire est réalisé en étroite collaboration avec l'Herbier Louis-Marie de l'Université Laval (www.herbier.ulaval.ca) dont je suis le Conservateur.

La création de la Chaire a permis la mise sur pied d'un programme de recherche diversifié sur la dynamique spatiotemporelle de la forêt boréale, une des principales forêts de la planète et certainement la plus importante en Amérique du Nord. La recherche s'appuie sur l'hypothèse que les perturbations naturelles, comme les changements climatiques et les feux, influencent la nature fondamentale de la forêt boréale dans le temps et l'espace, depuis l'époque de la déglaciation. C'est effectivement sous le prisme de l'action des perturbations, tantôt isolée tantôt en rafale, que se forment, se développent, se maintiennent, se transforment et disparaissent les peuplements caractéristiques de la forêt boréale. De l'est à l'ouest du pays, depuis Terre-Neuve jusqu'au Yukon, la forêt boréale forme un vaste biome composé de trois zones de végétation principales, la zone de la forêt fermée, la zone de la forêt ouverte et la zone de la toundra forestière (fig. 1). La partie méridionale de la forêt boréale est en contact avec la forêt caducifoliée de l'Est américain, avec les Prairies au centre du continent et avec la végétation cordillérienne des Rocheuses à l'ouest. La partie septentrionale de la forêt boréale aboutit à la toundra arctique sur toute son étendue, depuis le Labrador jusqu'au Yukon. L'essentiel des travaux de la Chaire sur la forêt boréale se rapporte à l'Est canadien, depuis la baie d'Hudson jusqu'à la côte du Labrador. Nos travaux abordent la question de l'origine de la végétation boréale contemporaine, en testant l'hypothèse que les feux ont été le facteur de transformation de la forêt boréale au cours des derniers millénaires, et ce dans un contexte de changements climatiques plus ou moins affirmé. Les feux naturels affectent la structure, la composition botanique et le fonctionnement de la forêt boréale, comme l'ont déjà montré plusieurs

chercheurs (Johnson, 1992; Payette, 1992; Stocks *et al.*, 1998; Arseneault, 2001; Bergeron *et al.*, 2004). De nombreux travaux fondamentaux et pratiques de la Chaire portent sur l'origine et la dynamique des trois principales zones de la forêt boreale dans l'Est canadien. La plus grande partie des travaux a trait à l'analyse écologique et paléoécologique de la toundra forestière, la zone la plus nordique et la plus froide de la forêt boreale où l'on observe une regression de la forêt depuis quelques millénaires, plus particulièrement depuis les mille dernières années. Feu et refroidissement climatique forment un cocktail meurtrier qui fait disparaître la forêt millénaire en un seul coup! La structure des forêts millénaires situées justement à la limite des arbres fait l'objet d'un projet de 2e cycle de Sarah Auger. Dans ce cas, on peut parler de la gérontécologie des pessières à lichens qui présentent une structure et un fonctionnement de vieux systèmes écologiques à l'équilibre, peu connus dans la littérature scientifique. Ce n'est pas tant la position de la limite des arbres qui change dans de tels cas de conflagration catastrophique, mais plutôt le déboisement systématique de la partie septentrionale de la forêt boreale. Une perte de 7% de la superficie occupée par la forêt boréale de l'Est canadien a été constatée dans nos travaux portant sur le potentiel de régénération de la toundra forestière. Lorsqu'on reporte sur un graphique la proportion occupée par la forêt (il s'agit essentiellement de la forêt ouverte souvent dénommée pessière à lichens) au sein de la zone de la toundra forestière depuis sa limite méridionale (ou son équivalent, la limite septentrionale de la zone de la forêt ouverte) jusqu'à sa limite septentrionale (ou son équivalent, la limite des arbres), on constate une perte du couvert forestier qui suit une fonction logarithmique. Une telle tendance indique que le taux de déboisement de la toundra forestière en fonction de la latitude est plus élevé dans sa partie méridionale que dans sa partie septentrionale. Cette situation signalée dans une étude récente (Payette *et al.*, 2000) nous a amenée à entreprendre une série de travaux ciblés portant sur la répartition latitudinale et l'origine des principales forêts qui occupent l'ensemble du biome, de façon à mieux comprendre la dynamique des trois principales zones de la forêt boreale. C'est une analyse spatiotemporelle détaillée de la répartition et de l'abondance de la forêt ouverte (surtout représentée par la pessière à lichens) qui a été le fer de lance de cette recherche. Ainsi, grâce aux données relatives à la répartition de la forêt ouverte dans la toundra forestière (Payette *et al.*, 2001), on a procédé à une analyse semblable de l'autre côté du gradient latitudinal, c'est-à-dire dans la partie méridionale de l'aire de répartition de la pessière à lichens (ou de la forêt ouverte) au sein de la zone de la forêt fermée représentée entre autres par la pessière à mousses hypnacées. Cette recherche qui fait partie de la thèse de doctorat de François Girard (3e cycle en co-direction avec Réjean Gagnon de l'UQAC) permet de préciser la répartition et l'abondance de la forêt ouverte depuis sa limite méridionale jusque dans la zone de la forêt ouverte proprement dite. Par rapport à la situation décrite pour la toundra forestière, on constate une tendance similaire mais inverse de la répartition et de l'abondance de la forêt ouverte du sud vers le nord au sein de la zone de la forêt

Figure 1



fermée. Ajoutée à celle de la zone de la forêt ouverte proprement dite, la répartition de la surface occupée par la forêt ouverte couvre toute l'aire du biome de la forêt boréale, selon une courbe en forme de cloche. Cette répartition de l'étendue de la forêt ouverte sous forme de cloche peut être interprétée comme un indice du succès de régénération de la forêt après les feux, la perturbation la plus fréquente à survenir en forêt boréale. Si tel est le cas, l'importance prise par la forêt ouverte aux dépens de la forêt fermée, dans la zone de la forêt fermée, serait une indication de la fragilité de la forêt fermée face à une perturbation aussi commune qu'est le feu. Une analyse de l'origine et de la dynamique de la forêt fermée actuellement en cours (Stefanie Pollock, étudiante de 2e cycle), jumelée à celle de François Girard, permet de constater que la superficie occupée par la forêt fermée est actuellement en baisse. La cause proximale de cette situation serait le type de feu à survenir dans la forêt fermée qui ne consumerait pas ou peu, voire pas du tout l'horizon organique de surface défavorable à la germination des graines de l'épinette noire (*Picea mariana*). Encore ici, la répartition de l'étendue de la forêt fermée en fonction de la latitude suit une fonction logarithmique dans sa partie nordique, ce qui laisse supposer une perte forestière plus importante à cette latitude. De telles tendances à l'échelle du paysage permettent d'envisager le développement d'un modèle de dynamique spatiotemporelle des zones de végétation au sein du biome de la forêt boréale, qui serait basé sur la répartition en cloche de chacune d'elles et de chacun des peuplements dominants qui les caractérisent.

Ce modèle actuellement en cours de développement sert d'assise à d'autres projets au sein de la Chaire nordique, projets qui ont trait à la sapinière à bouleau à papier (*Betula papyrifera*), le peuplement le plus méridional de la forêt boréale, et qui occupe le segment humide de la zone de la forêt fermée dans l'est de l'Amérique du Nord, et à ses deux principales espèces compagnes, le bouleau à papier et l'épinette blanche (*Picea glauca*), outre le sapin baumier (*Abies balsamea*). Dans un chasse-croisé holocène où le feu a été un acteur déterminant, la sapinière boréale a probablement régressé selon un mode semblable à celui de la forêt fermée, et sa disparition et son remplacement in situ dans le paysage seraient marqués, à divers degrés, par la formation de bétulaies de bouleau à papier et de pessières d'épinette blanche. Ce passage de la sapinière à la pessière d'épinette blanche, notamment en milieu subalpin, au cours de l'Holocène fait justement l'objet de la thèse de doctorat de Guillaume de Lafontaine. Ce projet comprend une analyse phylogéographique de l'épinette blanche au sein de son aire de répartition, afin de tester l'hypothèse de la création de la pessière subalpine à partir de stocks génétiques en provenance d'une sapinière boréale nourricière. L'incapacité du sapin baumier à se régénérer en conditions subarctiques et subalpines apparues à l'Holocène supérieur aurait favorisé l'épinette blanche plus rustique et dont le mode de régénération sexuée est semblable à celui du sapin baumier. Les seules forêts d'épinette blanche à occuper l'intérieur des terres au Québec-Labrador sont celles qui se trouvent en milieu subalpin, donc en altitude au sein de la zone de la forêt fermée et de la zone de la forêt ouverte. Autrement, ces forêts se trouvent le long des côtes maritimes de la baie de James, de la Baie d'Hudson, de la baie d'Ungava et de la mer du Labrador. En plus de l'étude des pessières d'épinette blanche subalpines, d'autres projets portent sur la question de la migration et de l'expansion de l'épinette blanche au cours des derniers siècles en fonction des changements climatiques. L'expansion de l'épinette blanche le long de la côte de la baie d'Hudson au cours des 400 dernières années a fait l'objet d'un projet postdoctoral de Marco Cacciniga, maintenant professeur d'écologie à l'Université de Milan, en Italie. La succession primaire le long de la côte de la baie d'Hudson, en émergence au rythme de 1,2 m par siècle, a été étudiée par Ann-Catherine Laliberté (projet de 2e cycle). Cette étudiante a mis en évidence un temps de formation de la forêt primaire composée essentiellement d'épinettes blanches (pessière à lichens) de plus de 400 ans, alors que la limite des arbres maritime comprend généralement des arbres âgés de 50 ans ou moins. On s'intéresse également à l'écologie de l'épinette blanche dans l'est du continent, notamment sur les hauts plateaux du Québec-Labrador et dans le complexe des Monts Torngat-Kaumajet-Kiglapait, le long de la côte du Labrador. Nos données les plus récentes montrent un fait étonnant : l'épinette blanche est encore en processus de migration postglaciaire dans cette région, à cause de la topographie très accidentée de la côte aux environs des grands fjords labradoriens qui a ralenti la progression de l'espèce vers le Nord. L'espèce est en expansion dans la toundra alpine de la baie de Napaktok, où se trouve la dernière forêt avant d'atteindre la Terre de Baffin, alors que sur les hauts plateaux intérieurs la limite des arbres et des forêts a régressé d'une quinzaine de mètres depuis le XIXe siècle.

La forêt boréale canadienne comprend également tout un assortiment de tourbières. Ces dernières occupent environ 15 % de la surface terrestre de la forêt boréale, c'est dire l'importance que prennent ces écosystèmes à l'échelle du biome, autant en Amérique du Nord qu'en Eurasie. La Chaire y consacre plusieurs projets financés par le CRSNG, le Consortium Ouranos et Hydro-Québec. Les tourbières minérotrophes structurées occupent une place de choix dans notre programme, car deux étudiants de 3e cycle sont impliqués à plein temps, notamment à propos de l'écologie de la composante aquatique, faite de mares de tailles et de formes variables, dans un contexte de changements climatiques. L'origine et la dynamique à long terme des mares des tourbières minérotrophes sont étudiées par Yann Arlen-Pouliot. Son étude part de l'hypothèse que la formation des mares fait partie du cycle naturel du développement de la microtopographie de la surface des tourbières en lanières et en mares allongées, mais que leur variation en nombre et en superficie est liée de près aux changements climatiques, plus particulièrement les précipitations

qui ont augmente depuis le XIX^{e} siecle. Des analyses stratigraphiques fines des depots de tourbe et des analyses dendroecologiques des arbres vivants et subfossiles servent a tester cette hypothese. Dans le meme ordre d'idees, Maria Dissanska (3^{e} cycle en co-direction avec Monique Bernier de l'INRS-ETE) utilise les techniques d'analyse et d'interpretation des images satellitaires Quickbird pour evaluer les changements quantitatifs de la composante aquatique des tourbieres minerotrophes au cours des 50 dernieres annees. L'augmentation de la surface occupee par les mares resulte du processus d'aqualyse, neologisme decrivant le processus de destruction du couvert vegetal des tourbieres par submersion prolongee due a une nappe phreatique affleurante. L'aqualyse des tourbieres est un phenomene particulierement repandu dans les tourbieres minerotrophes de la region de la baie de James. L'etude des tourbieres minerotrophes sous le prisme de l'aqualyse constitue une contribution originale et unique de la Chaire nordique dont les conclusions meritent d'etre appliquees ailleurs dans les tourbieres semblables d'Amerique du Nord et d'Eurasie, dans le contexte mondial des changements du climat lies au regime des precipitations. Dans la meme region, a la baie de James, nous etudions plusieurs facettes climatiques des tourbieres ombrotrophes, qui atteignent ici leur limite septentrionale de repartition. C'est dans ces tourbieres a sphaignes que l'on trouve les ilots de pergelisol les plus meridionaux de l'Est canadien, lesquels font l'objet d'une etude de Simon Thibault (etudiant de 2^{e} cycle). On a demontre que le pergelisol de ces milieux humides est dans un etat de degradation avance, vraisemblablement a cause du rechauffement climatique survenu au XX^{e} siecle, et plus particulierement au cours des 15 dernieres annees alors que la temperature moyenne annuelle a augmente d'au moins 2°C et que les precipitations ont ete au-dessus de la moyenne des 30 dernieres annees. Les mesures detaillees de l'epaisseur du pergelisol prises a la mi-octobre 2004 et 2005 indiquent la presence d'un pergelisol marginal ne depassant pas 50 cm d'epaisseur. La cartographie du pergelisol et des traces de pergelisol sous forme de depressions de thermokarst montre que la limite du pergelisol a regresse d'environ 130 km au cours des dernieres decennies dans la region de la baie de James. A cela s'ajoute l'influence des feux naturels dans la region, une des plus propices au feu de l'Est canadien, qui affectent de maniere recurrente la vegetation des tourbieres ombrotrophes. Une etude stratigraphique des feux enregistres dans les depots de tourbe des tourbieres ombrotrophes de la region (projet de 2^{e} cycle de Gabriel Magnan en co-direction avec Martin Lavoie, professeur au Departement de geographie de l'Universite Laval et collaborateur de la Chaire) tente de mettre en evidence l'effet synergique du type de vegetation et du climat sur la propagation des feux dans ces milieux. La dynamique du pergelisol dans les tourbieres subarctiques est egalement abordee, notamment dans la region de la riviere Boniface ou l'equipe de la Chaire possede un camp de recherche permanent qui assure des conditions logistiques securitaires pour les travaux des etudiants. Plusieurs travaux sur le pergelisol sont realises dans cette region qui se distingue par un record enviable : elle renferme les palses (monticules de tourbe et de sol mineral pergelisolises) les plus hautes (> 7–8 m) du monde circumboreal. L'evolution du pergelisol riverain (repandu dans le lit majeur et sur les rives de la riviere Boniface) au cours des 50 dernieres annees a ete etudiee par Sheila Vallee (projet de 2^{e} cycle) ; une reduction de la surface occupee par des palses minerales de l'ordre de 23 % a ete mesuree. Cette region renferme egalement des palses boisees des plus impressionnantes, etant donne leur hauteur de plus de 7 m et leur taille de plusieurs centaines de metres carres. Actuellement elles font l'objet d'une analyse detaillee par Sebastien Cyr (projet de 2^{e} cycle) qui a etabli leur age a plus de 1 000 ans. A cause du rechauffement climatique du XX^{e} siecle, elles sont en voie de degradation lente mais progressive.

Vu la progression de l'activite forestiere en region nordique, on entreprendra cette annee plusieurs projets de recherche qui porteront sur la stabilite de la foret boreale face aux perturbations naturelles (climat et feu) et anthropiques (coupe forestiere). A cet egard, la Chaire nordique aimerait collaborer avec les residents du Nunavik afin d'evaluer l'impact des pratiques forestieres sur la regeneration des especes arborescentes. Des travaux portant sur la biodiversite des ecosystemes nordiques en fonction des types et des regimes de perturbation sont prevus en 2007. De maniere plus particuliere, un reseau de suivi ecologique a long terme de l'evolution de la toundra alpine des hauts sommets repartis depuis la limite meridionale de la zone de la foret fermee jusqu'a la limite meridionale de la toundra forestiere sera mis en place des l'ete 2007. Les sites alpins retenus feront l'objet d'une analyse detaillee de la diversite de la flore (vasculaires et cryptogames), de la vegetation et des sols, pour servir de temoins des changements ecologiques appreheendes et relie directement lies a l'impact eventuel des changements climatiques sur la foret boreale. Une attention particuliere sera accordee a la dynamique de colonisation de la toundra alpine par les especes boreales, arborescentes et autres, et a la reaction correlative des especes arctiques-alpines.

La creation de la Chaire nordique sur l'ecologie des perturbations a permis la realisation de nombreux projets de recherche de haut niveau. Malgre son jeune age, elle porte deja des fruits de qualite : la production de plusieurs theses de maitrise et de doctorat, qui n'aurait pas ete possible en raison des couts de la recherche en milieu nordique. Sans l'appui du CRSNG, il n'aurait pas ete possible d'entreprendre autant de projets d'envergure, d'autant plus qu'il n'est pas possible, actuellement au Nunavik, de profiter de l'appui logistique de l'Etude du plateau continental polaire dont une des principales missions est justement d'appuyer la recherche nordique. Esperons que la vision etriquee de la direction de cette organisation changera un jour pour une repartition plus equitable des ressources logistiques nordiques dont dispose le

Canada. L'absence de soutien logistique de l'Etude du plateau continental polaire pese lourdement sur la capacite logistique des recherches au Nunavik et donc sur la capacite d'aborder certains sujets d'interêt national. Heureusement, d'autres organisations plus clairvoyantes et comprehensives, comme nos partenaires actuels, assurent la suite des activites de la Chaire en fonction de nos deux volets de recherche prioritaires. Nous comptons accentuer notre implication dans le domaine de la restauration des ecosystemes et de l'analyse de la dynamique des ecosystemes nordiques au benefice de la science et des residents du Nunavik.

Serge Payette est Professeur titulaire au Departement de biologie et membre du Centre d'études nordiques à l'Universite Laval. Il est titulaire de la Chaire en recherche nordique sur l'écologie des perturbations.

References

Arseneault, D., 2001. Impact of fire behavior on postfire forest development in a homogeneous boreal landscape. *Canadian Journal of Forest Research*, 31 : 1367–1374.

Bergeron, Y., *et al.*, 2004. Fire regimes at the transition between mixedwood and coniferous boreal forest in northwestern Quebec. *Ecology*, 85 : 1916–1932.

Johnson, E.A., 1992. *Fire and vegetation dynamics. Studies from the North American boreal forest*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

Payette, S., 1992. Fire as a controlling process in the North American boreal forest. In A Systems analysis of the global boreal forest. Sous la direction de H.H. Shugart, R. Leemans et G.B. Bonan. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. pp. 144–165.

Payette *et al.*, 2001. The subarctic forest-tundra: The structure of a biome in a changing climate. *BioScience*, 51 : 709–718.

Stocks, B.J. *et al.*, 1998. Climate change and forest fire potential in Russian and canadian boreal forests. *Climatic Change*, 38 : 1–13.

L'ADAPTATION AU CHANGEMENT DANS LE NORD CANADIEN : DES VOIX DE FORT RESOLUTION, T.N.-O.

Sonia Wesche

Depuis l'ete 2004, je fais de la recherche sur les changements environnementaux avec des membres de la collectivite de Fort Resolution, T.N.-O. Mon travail, qui s'appuie sur un partenariat en recherche communautaire avec des specialistes des sciences physiques qui font des études paleohydrologiques, consiste à examiner la capacite d'adaptation des populations locales face aux changements environnementaux et socioculturels.

Un aspect particulièrement productif de mon travail tient au fait que je cherche à savoir comment les gens interprètent le changement et comment ils en font l'experience. Le theme suivant ressort continuellement : les populations locales essaient de trouver un équilibre entre la culture traditionnelle et la culture occidentale (dans leur rapport au reste du monde, et en ce qui concerne leur propre identite), pour s'adapter à leur environnement changeant.

Les projets de recherche et developpement dans le Nord demandent une collaboration interculturelle avec les partenaires autochtones (Wolfe *et al.*, 2007). La comprehension du contexte socioculturel historique dans lequel evoluent les personnes et les collectivites est essentielle. Pourtant, les ouvrages didactiques sur l'adaptation aux changements environnementaux refletent plutôt rarement l'opinion des gens qui vivent ces changements. J'essaie ici de faire valoir des idees du Nord, en esperant que cela aidera les chercheurs et d'autres intervenants du Nord à comprendre les nombreux facteurs qui influent sur la façon dont les Autochtones du Nord reagissent face aux changements rapides qui se produisent dans leur milieu. Les recits et les idees presentes dans ce texte reposent sur des experiences vécues sur le terrain et des entrevues menées en 2005 et 2006 auprès des Denes et des Metis de Fort Resolution, T.N.-O.*

LIEU DE L'ETUDE : FORT RESOLUTION, T.N.-O.

Fort Resolution est le plus ancien etablissement des Territoires du Nord-Ouest sur lequel on possède des ecrits. Ce centre qui a vu le jour au debut du XIX^{e} siècle a d'abord ete un poste de traite des fourrures, le long du fleuve qui menait vers le Nord. La petite agglomeration d'environ 550 habitants (surtout des Dènes et des Metis) se situe dans le territoire traditionnel de l'Akaitcho (pour lequel on negocie actuellement un traite). Elle est maintenant accessible par la route, à partir de Hay River.

Les gens de Fort Resolution ont vecu une longue suite de changements causés par des influences exterieures. Il convient de mentionner, entre autres : l'afflux de commerçants de fourrures et de piégeurs venus du Sud, au debut; les nouvelles maladies dévastatrices comme l'influenza et la tuberculose; l'école des missionnaires et l'hôpital qui ont desservi la population du debut jusqu'à la moitié du vingtième siècle; les politiques des gouvernements sur l'assimilation des Autochtones, les établissements et le patrimoine; l'introduction de nouvelles technologies devant assurer la subsistance et s'appliquer à l'utilisation des terres; l'acces accru à une economie basée sur les salaires et les progres des ideologies occidentales; et un phenomene plus recent, les rapides changements environnementaux.

Pendant longtemps les residants de Fort Resolution se sont distingues pour leur dependance à l'egard des ressources écologiques du delta de la rivière des Esclaves (situé à proximité) pour l'alimentation et les fourrures. Malgre la recente reduction considerable dans l'utilisation traditionnelle des terres, ils continuent

* Toutes les personnes mentionnées ont accepté qu'on publie leurs déclarations et qu'on donne leur nom.

de chasser, de pêcher et de piéger pour gagner un revenu et aussi à des fins récréatives. L'intégrité de l'écosystème environnant est essentielle entre autres pour l'activité économique plus récente, comme le tourisme, et les tentatives visant à faire revivre les traditions culturelles et à revaloriser la connaissance du terrain.

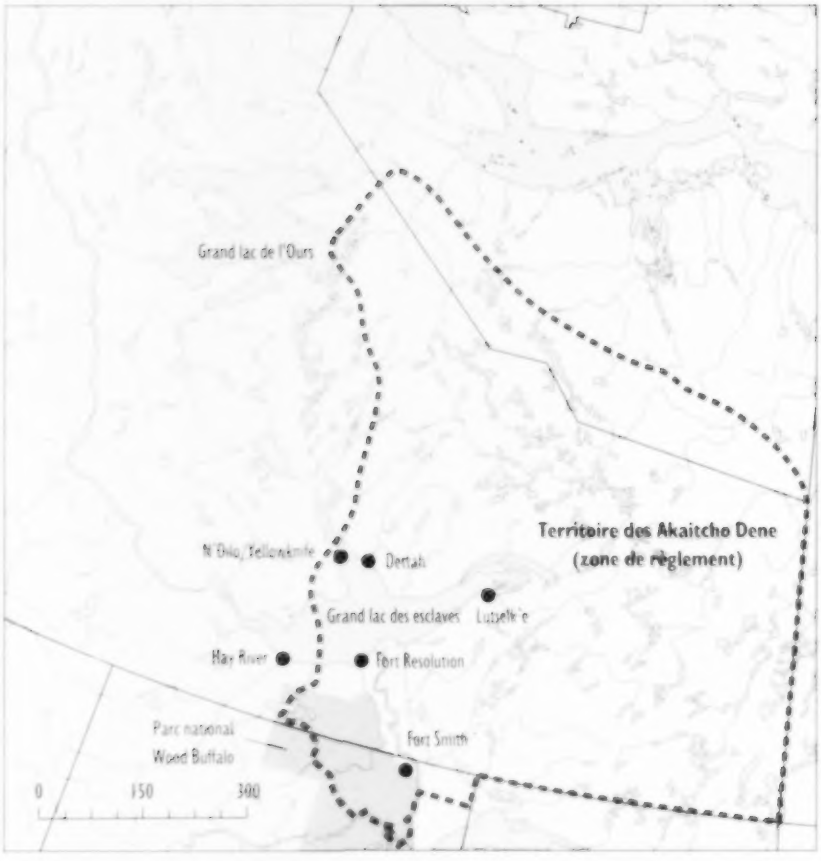
PROCESSUS DE RECHERCHE

Mon travail de recherche collaborative vise à faire la lumière sur le fonctionnement de l'écosystème naturel et ses réactions face aux divers stresseurs environnementaux, et à améliorer la gérance des ressources naturelles ainsi que la capacité des résidants à réagir au changement. Depuis juin 2004, j'ai passé en tout dix mois à Fort Resolution. J'y suis allée à différentes saisons, j'ai vécu dans une famille et j'ai fait des incursions guidées dans la nature pour m'initier au territoire et aux méthodes traditionnelles d'utilisation des terres. Ainsi j'ai pu acquérir une précieuse expérience et une connaissance de la dynamique du milieu. Comme la plupart des gens à Fort Resolution parlent l'anglais, j'ai pu participer à des discussions informelles, à des réunions de la collectivité et lire des documents concernant la planification ainsi que des exposés de politique, des procès-verbaux de réunions et des rapports scientifiques et sur le savoir traditionnel.

Avec mes assistants de la localité, j'ai mené 35 entrevues semi-structurées auprès de personnes âgées et d'utilisateurs des terres, en m'attachant à leurs connaissances sur les changements environnementaux (climat, eau, glace, animaux, végétaux, etc.), et aux effets de ces changements sur les gens à la longue. J'ai cherché à savoir comment ils s'étaient adaptés dans le passé. J'ai aussi mené neuf entrevues avec des personnes concernées par la politique et les pratiques sur la gestion des ressources au niveau local, territorial et national, auxquelles j'ai posé des questions sur la capacité des institutions existantes d'apporter une collaboration efficace et d'appuyer les stratégies d'adaptation à l'échelle locale. Pour les deux types d'entrevues, j'ai suivi un cadre général de questions, mais j'ai donné aux personnes la possibilité de faire des commentaires, notamment dans leur champ de compétence et les domaines qui les intéressaient. Ainsi les personnes étaient plus satisfaites de l'entrevue; elles ont étendu la portée et l'intérêt pratique de ma recherche.

En outre, j'ai animé cinq séances de réflexion où nous avons parlé de situations qui pourraient résulter du changement, en rapport avec le climat et l'exploitation des ressources. Ces séances visaient à stimuler le débat sur les points de vulnérabilité des résidants face au changement, et sur ce qu'ils estimaient pouvoir faire, individuellement ou collectivement, pour contrer le problème. Avec l'aide d'adjoints à la recherche locaux, j'ai aussi mené une enquête auprès de 104 chefs de ménage. Nous avons utilisé un questionnaire structuré pour comprendre les principales caractéristiques des relations sociales et des réseaux et essayer de savoir comment elles influent sur la capacité d'adaptation des gens.

J'ai eu la chance de participer à environ 15 excursions guidées sur le terrain, à différentes saisons, et j'en ai profité pour m'adonner à la chasse, à la pêche et au piégeage. L'apprentissage des aspects pratiques de la vie sur les terres et l'observation directe ainsi que les discussions sur les particularités du paysage sont essentiels si l'on veut comprendre le mode de vie dans le Nord, savoir comment les populations locales attribuent une valeur aux caractéristiques environnementales et être au courant des



Lieu du site de recherche. L'agglomération de Fort Resolution s'étend au sud du grand lac des Esclaves, T.N.-O., dans le territoire traditionnel de l'Akaitcho.

rapports de force entre les éléments sociaux et les facteurs écologiques dans l'ensemble du système.

Le présent article vise à fournir des explications sur la façon dont les gens de Fort Resolution composent avec le changement, individuellement et collectivement. Grâce aux connaissances et aux opinions de ceux qui ont participé à mon projet de recherche, il présente un échantillon représentatif des impressions de personnes qui réagissent au changement sur le plan émotionnel, mental, physique et spirituel. Il se borne à communiquer leurs opinions. L'information qu'il contient n'est pas représentative de l'ensemble des Dénés ou des Métis, ni de toute la collectivité de Fort Resolution.

CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES CHANGEANTES

Le changement environnemental est un sujet de discussion courant à Fort Resolution. Mais même s'ils reconnaissent que les populations en sont affectées, la plupart des résidants estiment ne pas pouvoir faire grand-chose pour influencer ou réduire ses effets.

Les changements dans le régime climatique suscitent des craintes à mesure qu'ils augmentent et s'intensifient. Les gens de la région indiquent qu'auparavant les températures baissaient régulièrement à −50 °C en hiver, alors qu'à l'heure actuelle les hivers sont en général plus chauds et plus courts, et la neige moins abondante. Par ailleurs, la variabilité a sensiblement augmenté, et les températures fluctuent d'un jour à l'autre. Dernièrement, les résidants ont connu plusieurs printemps froids et depuis quelques hivers la couverture de neige est extrêmement variée. Souvent cette variabilité limite l'accès aux terres. Une forte chute de neige au début de l'automne 2005, par exemple, a ralenti l'englacement et engendre la formation d'une couche d'eau de fonte sous la neige; les déplacements sur la glace ont donc été dangereux jusqu'à ce que les températures baissent.

Malgré ces bouleversements, les gens estiment en général que le changement de climat n'est qu'une partie du problème. Les populations locales ont noté d'autres variations environnementales qu'elles attribuent grandement à l'expansion industrielle dans les provinces – notamment les changements dans le régime hydrologique dus, entre autres, à l'aménagement du barrage W.A.C. Bennett sur la rivière de la Paix, dans le Nord de la C.-B., et la contamination causée par l'exploitation des sables bitumineux et d'autres activités en Alberta :

En 1967, ils ont construit le barrage Bennett et ils ont retenu l'eau pendant trois ans pour remplir le réservoir. Auparavant dans le delta [de la rivière des Esclaves] les prairies et les marécages abritaient un grand nombre de rats musqués, ce qui limitait la croissance des saules. Les rats musqués mâchaient les pousses [...] Le nombre de ces animaux diminuera ... et quand les terres auront été inondées, il augmentera. [...] Dans les zones de retenue des eaux les terres se sont asséchées et les saules ont commencé à pousser. Il n'y avait pas assez de rats musqués pour empêcher ça ... les marécages ne seront donc plus jamais un bon habitat pour les rats musqués. (Angus Beaulieu, 2005)

Fred Mandeville, Jr. teste la glace avant de s'aventurer sur le lac en motoneige, au début du printemps 2006. La connaissance des courants et de la qualité de la glace est essentielle pour la sécurité des déplacements sur le Grand lac des Esclaves. Photo : S. Wesche.

Tout le pays et toutes les terres se transforment, tout le milieu change à cause des faibles niveaux d'eau. Je constate les changements au niveau des arbres et dans la croissance des végétaux. Une partie des cultures riveraines s'assèche, des voies navigables traditionnelles sont abandonnées à cause du manque d'eau. Autrefois, en hiver des hordes de caribou passaient dans la région

puis leur nombre a diminué au point où il n'y en a plus aujourd'hui [...]. Et en plus les feux de forêt ont fait disparaître tout le lichen qui assurait la survie du caribou dans cette région en hiver. (Gabe Yelle, 2005)

D'autres changements dans la santé des animaux ont été observés. On note en particulier une augmentation du nombre de déformités chez les poissons. Des populations d'espèces très prisées pour l'alimentation et pour leur fourrure ont diminué (castor, rat musqué, etc.). Les autres répercussions locales qui ont été signalées

inchent la planification des deplacements sur le terrain rendue plus difficile, les preoccupations relatives a la securite des transports, l'acces aux activites terrestres et la baisse de valeur des pelleteries (le climat plus chaud ne favorise pas le commerce des fourrures).

Les gens les plus affectes par le changement sont ceux qui utilisent directement les terres ou les ressources de la region : recolteurs, aines et nombreux autres qui comptent sur les ressources pour assurer leur subsistance et sur le commerce des fourrures. Ces dernieres annees, on a note une tendance des personnes a s'adapter par les moyens suivants : le recours accru aux technologies de communication (p. ex., les telephones mobiles), l'utilisation de materiels differents (p. ex., les VTT) pour l'acces aux terres, la diversification de l'activite economique et la modification des systemes d'utilisation des terres. Mais les habitants du Nord, qui maintenant font face a des conditions extremes et a des taux de changement environnemental sans precedent, devront se preparer d'une maniere plus systematique pour l'avenir.

SYSTEMES SOCIAL ET ECONOMIQUE CHANGEANTS

Malgre l'interet recent qu'il a suscite dans les medias, le changement de climat est seulement le dernier phenomene a avoir beaucoup bouleverse la vie des gens du Nord. Au cours des dernieres decennies, on a aussi constate l'evolution rapide des conditions socioculturelles, et les effets cumulatifs qui en ont resulte rendent l'adaptation plus difficile.

La collectivite est quelque chose de nouveau pour nous qui sommes des nomades. Nous avons l'habitude de chasser, de recolter et de nous deplacer, et nous faisons partie du paysage. Mais les gens ont commence a former des collectivites, et le gouvernement a en quelque sorte essaye de nous assimiler. Il nous a envoyes dans des pensionnats, ce qui nous a fait perdre notre identite. [...] Auparavant, ... les gens qui donnaient le plus d'eux-memes poussaient du plus haut statut dans le groupe. [...] Mais une fois installes dans les collectivites, ils ont adopte le systeme des groupes. Et alors leur prestige ne venait plus de ce qu'ils donnaient a la societe, mais plutot de la quantite de biens qu'ils avaient accumules. Cela allait a l'encontre de nos valeurs, et nous n'avons plus jamais considere le travail collectif de la meme facon. (Maurice Boucher, 2005)

Plusieurs des personnes interrogees ont indique que leur identite en tant qu'Autochtone etait ancree dans les terres et dans les façons traditionnelles de faire les choses. Durant la generation ou ils sont passes du canot au yacht a moteur et ont adopte la television, le telephone, le four micro-ondes et le transport par avion, les gens sont devenus de plus en plus deconnectes des terres, perdant ainsi les reperes qui les incitaient a s'interroger sur la situation et sur eux-memes. Les gens sont en pleine quete de leur identite. Leur rapport aux terres et a leurs ancetres pose les fondements qui se sont grandement desintegres au cours des dernieres decennies.

Si vous retirez la partie spirituelle de l'etre humain, tout le reste prend le bord. (Kevin Boucher, 2005)

Au cours des quatre dernieres decennies, la technologie et les priorites changeantes quant aux moyens de subsistance ont radicalement transforme les systemes d'utilisation des terres.

Maintenant, l'utilisation des terres est presque spontanee. Nous pouvons entreprendre des choses dans un certain cadre climatique. [...] A votre reveil, la journee vous paraît magnifique. Vous vous preparez pour aller jusqu'aux iles Simpson et vous pouvez rentrer chez vous le soir meme, avant la tempete. C'est tellement different du systeme traditionnel. [...] Maintenant que nous pouvons faire les choses tellement plus rapidement, nos interets sont tres eloignes de certains modes d'action traditionnels. Pour nos bateaux, nous n'utilisons plus les moteurs de 2,5 CV. Nous sommes passes a 9 CV, et nous ne sentons meme pas la vague car nous voguons au-dessus d'elle. Alors que dans le 2,5 CV vous sentiez chaque vague. [et] vous ne pouviez pas passer pres d'une taille de baies sauvages sans vous arreter. Meme si vous ne pouviez pas la voir, vous ne pouviez pas passer tout droit parce que vous sentiez l'odeur allechante. (Bernadette Unka, 2005)

Maintenant, la vie est trop rapide. (Henry King, 2005)

L'une des consequences notables du delaissement des terres et de ses valeurs est l'accent accru sur l'interet individuel et la diminution de l'esprit de collaboration entre les membres d'une collectivite. Les pressions sur les liens sociaux qui en resultent font que les collectivites sont moins en mesure de reagir face a ces nombreuses pressions.

Je pense que dans le passe ... les gens travaillaient ensemble, dans un esprit d'etroite collaboration, au sein de la famille, pour se tirer d'affaire, etcetera. Et maintenant ... les gens qui se lancent dans les affaires recherchent davantage un avantage personnel. [...] Pour une Premiere nation, il devient plus difficile d'inciter toute la collectivite a se rallier a des concepts, pour que les gens travaillent ensemble, conformement a une vision, pour ainsi dire, et aillent de l'avant. Cela devient plus difficile a cause des si nombreuses influences exterieures. (Don Balsillie, 2006)

L'EQUILIBRE ENTRE LES METHODES TRADITIONNELLES ET LES COMPORTEMENTS OCCIDENTAUX

Parallelement au changement dans les moyens de subsistance et l'utilisation des terres, on note la disparition du savoir traditionnel, ce qui limite les possibilites pour les plus jeunes et les futures generations d'integrer les methodes traditionnelles a leurs habitudes de vie. Les parents et les aines s'inquietent a l'idee que les jeunes, meme s'ils acquierent certaines competences necessaires sur les terres ou sur l'eau, comme savoir piloter une embarcation, utiliser un fusil de chasse ou nettoyer le poisson, le systeme de valeurs associe aux modes de vie traditionnel

leur échappe. Le résultat est une commodification des attitudes à l'égard des terres; les jeunes acceptent davantage qu'on consacre des parties de leur territoire traditionnel à l'exploitation des ressources. Or, les éventuels avantages économiques sont sensiblement réduits à cause du manque de préparation des personnes et des collectivités. Les gens n'ont pas les connaissances, l'expérience et l'instruction nécessaires; ils sont donc vulnérables et peuvent être exclus du processus décisionnel ou lésés par des accords de compensation inéquitables ou exploités d'une autre façon par des gens de l'extérieur.

Certaines personnes savent qu'il faut renforcer la capacité à l'échelle locale. Quand on leur a demandé leur opinion sur le meilleur moyen pour les populations autochtones et les collectivités de progresser, bon nombre de gens ont mentionné la nécessité de combiner les connaissances et les attitudes traditionnelles et occidentales pour créer une société saine et prospère.

Je pense qu'il faut ... trouver un équilibre. Voilà. Un point d'équilibre raisonnable entre ces deux mondes [le monde traditionnel et le monde occidental]. Et si vous pouvez y arriver, les gens auront du pouvoir parce qu'ils posséderont le savoir traditionnel et se sentiront à l'aise à cet égard, et ils auront aussi les outils d'éducation du nouveau monde, qui les aideront. Ainsi vous aurez pour ainsi dire le meilleur des deux mondes. (Don Balsillie, 2006)

La nécessité de trouver cet équilibre pose de nombreux défis. Outre les besoins en ressourcement spirituel des collectivités autochtones du Nord et leur difficulté d'accès à des ressources financières, leur manque de moyens constitue un obstacle majeur à leur intégration au monde moderne. Les personnes interrogées ont souvent dit qu'une meilleure instruction, plus polyvalente, est essentielle. L'amélioration de l'éducation à l'échelle locale signifie qu'il faut s'attaquer à des problèmes comme le manque de soutien de la part des parents (qui en général n'ont pas beaucoup d'instruction), intégrer l'enseignement traditionnel et l'enseignement occidental dans les écoles, élever le niveau de scolarité des décideurs et inciter les membres de la collectivité qui ont acquis des compétences professionnelles ailleurs à retourner dans leur collectivité.

Une partie de l'enseignement traditionnel nécessaire concerne la question de l'identité autochtone. C'est ce qu'ont indiqué bon nombre de personnes interrogées, et toutes rattachaient leur réflexion sur elles-mêmes à leurs racines culturelles et à leur lien avec la terre. Même si de nombreux membres des collectivités ne s'aventurent pas dans la nature, tous dépendent, du moins en partie, des produits rapportés par ceux qui le font. De plus, les gens estiment en général que le maintien de la santé et de l'intégrité de leur territoire traditionnel est fondamental pour le maintien d'une saine collectivité.

Vous devez avoir un lien avec la terre; c'est sur ce lien que repose votre identité. C'est la terre qui vous permet de savoir qui vous êtes. Le fait de savoir que l'eau peut vous enlever la vie en un instant vous rend humble. Vous avez toujours du respect pour la terre parce qu'elle ne pardonne pas. Si vous tombez sous la glace en hiver, vos chances de survie sont minces si vous êtes seul. (Maurice Boucher, 2005)

L'auteure attend les oies à une cache sur le Grand lac des Esclaves, en mai 2006. Le moyen idéal pour l'apprentissage sur l'utilisation traditionnelle des terres et la dynamique du système écologique : parcourir les terres et participer à des activités avec des gens de la région qui sont bien renseignés. Photo : F. Mandeville Jr.

Kevin Boucher a dit : « La terre vous interpelle » (2005). Il considère la Terre mère comme la mère de tout le monde, et le respect qu'il lui témoigne pour son rôle de nourricière et l'abondance qu'elle apporte est profondément ancré dans ses croyances culturelles. Les cérémonies traditionnelles comme le fait de jeter du tabac dans l'eau quand on voyage en bateau et de suivre certains protocoles pour remercier quand on capture des animaux, comme l'orignal, l'ours ou le bison, maintient le lien des personnes avec la terre.

Malgré le déclin du savoir traditionnel dans toutes les sociétés autochtones du Nord observé depuis au moins un demi-siècle, une tendance à faire revivre la culture semble émerger. Plusieurs personnes ont repris les propos de Don Balsillie :

Je pense que beaucoup de gens reviennent en arrière pour essayer de comprendre leurs racines et leur langue, et pour se connaître eux-mêmes. Je pense qu'il est important pour eux qu'ils le fassent. (Don Balsillie, 2006)

L'un des résultats attendus de ce regain d'intérêt est la plus grande cohésion dans les collectivités, qui peut améliorer la capacité des populations locales de travailler ensemble et de s'adapter au changement.

Le problème vient du fait que les gens ne connaissent pas leur propre histoire. Ils ne réalisent pas que nous venons tous du même endroit et que nous formons un seul peuple. L'apprentissage de l'histoire commune peut aider à rassembler les gens. (Lena McKay, 2006)

REGARD SUR L'AVENIR : RENFORCER LA CAPACITÉ

À Fort Resolution, la plupart des gens considèrent le changement de climat comme une menace pour leur mode de vie, mais ce problème est secondaire, comme dans la plupart des collectivités. Comme je l'ai déjà dit, les gens savent qu'un changement se produit, mais ils

ne sont pas pleinement conscients de ses conséquences, et ils ne pensent pas que leurs propres actions peuvent aider à réduire les impacts. Ceux qui se sont exprimés sur ce sujet estiment que renouer avec leurs racines culturelles est le principal moyen de composer avec un paysage changeant et d'améliorer la cohésion et le bien-être de la collectivité.

Maintenant je pense que les gens doivent reprendre leur responsabilité, et cette responsabilité est celle de prendre soin de la Terre mère. On nous a même confié la responsabilité de la gérance, ce qui signifie que nous devons prendre soin de la terre et de l'environnement, et alors l'équilibre est nécessaire pour chaque organisme. Et d'une certaine façon, ces temps-ci l'Homme est en déséquilibre. Nous ne faisons pas de suivi régulier – nous observation, examen des répercussions nuisibles que nous subissons. (Bertadette Unka, 2005)

Il est possible de bâtir sur l'identité communautaire et l'histoire à la base, pour inculquer des valeurs collectives en matière de gérance et encourager les gens à travailler ensemble. Malgré les divisions intrafamiliales et interculturelles créées en grande partie par les bouleversements sociaux qui ont marqué l'histoire, les gens se sentent unis par des liens et s'entraident en période de tragédie ou de crise.

Quand quelqu'un est dans le besoin, quand une personne souffre à cause d'un décès ou d'un malheur qui touche la collectivité, je ne peux vous dire à quel point vous ressentez de l'amour. [...] C'est comme si nous appartenions tous à une grande famille. Toutes les différences sont mises de côté, étant considérées comme des questions sans importance. (Bertadette Unka, 2005)

Outre la nécessité de rétablir les réseaux sociaux et les liens culturels, les gens savent qu'il faut renforcer la capacité dans des domaines comme l'accès à des ressources financières et à des ressources humaines, acquérir une expertise en gouvernance et en gestion des ressources et créer des possibilités d'emploi durable. Paul Boucher (2006), le négociateur de traité local, affirme que les leaders à l'échelle locale doivent être dévoués et bien intentionnés pour que la collectivité puisse progresser. Pour préparer les chefs de demain, il faut intégrer les valeurs traditionnelles au système d'éducation et redonner du pouvoir à la famille. Bon nombre de chefs considèrent l'éducation et la formation comme primordiales.

Beaucoup d'enfants terminent leurs études secondaires, ce qui est une bonne chose. Nous espérons que nos négociations [en cours pour la conclusion d'un traité] nous apporteront une aide accrue du gouvernement. Quand nous aurons des emplois ... nous pourrons nous gouverner nous-mêmes. [...] Peut-être pas ma génération, peut-être celle de mes enfants ou de mes petits-enfants – nous pourrons peut-être le faire. (Maurice Boucher, 2005)

Les leaders des collectivités, qui reconnaissent l'importance de l'éducation et de la recherche pertinente à l'échelle locale, ont exprimé le désir de continuer à créer un partenariat à long terme avec les chercheurs du Sud. Dans le cas de l'Université Wilfrid Laurier, par exemple, la relation avec Fort Resolution pour la recherche remonte aux années 1970. Ce genre de partenariat peut fournir un cadre pour tenir compte des préoccupations locales et renforcer la capacité grâce aux interventions locales, mais les leaders ont aussi mentionné les avantages d'utiliser les chercheurs comme mentors pour les jeunes étudiants.

Les résidants admettent que pour être efficace le renforcement des capacités locales doit être encouragé par les politiques et les pratiques gouvernementales. Pourtant, à ce jour on n'a pas fait grand-chose pour élaborer des politiques visant à réduire l'effet des changements et à favoriser l'adaptation. Le manque de congruence entre la recherche nordique en cours et la prise de décisions concernant l'environnement incite à organiser des activités comme le récent Sommet sur le leadership en rapport avec le changement climatique dans les T.N.-O., pour aider les leaders, dans l'ensemble des T.N.-O., à en apprendre davantage sur le changement climatique et sur les mesures que peuvent prendre les collectivités des T.N.-O., face au changement de climat (*Ecology North*, 2007). L'organisateur du Sommet, Doug Ritchie, signale qu'il est essentiel pour les organismes gouvernementaux, à tous les niveaux, d'engager sérieusement un processus de planification de l'adaptation au changement et de mise en œuvre, car ils ont le pouvoir nécessaire à l'exécution d'un programme à long terme.

CONCLUSIONS

Les collectivités du Nord font face à de multiples pressions dont les répercussions sur les systèmes naturels et humains seront ressenties sur une longue période. Pour qu'elles puissent composer avec le changement, le renforcement des capacités ciblé, à l'échelle locale, s'impose. En outre, l'aide soutenue des plus hauts paliers de gouvernement sera nécessaire, pour améliorer l'adaptabilité et la résilience de ces systèmes.

Les gens du Nord possèdent une mine de renseignements sur leur environnement et ont beaucoup de choses à dire sur les moyens à prendre pour faire face aux conditions changeantes. Pour les aider à accroître leur capacité d'adaptation, il faut absolument tenir compte des défis et des possibilités – sociaux, économiques, politiques ou environnementaux – propres aux collectivités nordiques. Un élément essentiel de ce processus est la nécessité d'écouter les gens du Nord et de s'intéresser à leurs expériences personnelles en rapport avec le changement.

Sonia Wesche est candidate au doctorat en géographie à l'Université Wilfrid Laurier. Elle est titulaire de la bourse d'études 2006 de la Commission canadienne des affaires polaires.

Personnes interrogées

Voici la liste des personnes avec lesquelles je me suis entretenue. Ces personnes m'ont fait part de leur perspective sur l'environnement changeant dans le Nord et l'impact des changements sur leur vie et leur collectivité. Leurs commentaires forment la base de cet article.

Don Balsillie (utilisateur de terres, gouvernement local), 3 avril 2006;

Angus Beaulieu (aîné), 5 juillet 2005;

Kevin Boucher (utilisateur de terres), 8 juillet 2005;

Maurice Boucher (utilisateur de terres), 31 août 2005;

Paul Boucher (utilisateur de terres, gouvernement local), 3 avril 2006;

Kenneth Delorme (utilisateur de terres), 26 juin 2005;

Henry King (aîné), 1er septembre 2005;

Lena McKay (utilisatrice de terres), 3 mai 2006;

Ronald McKay (utilisateur de terres), 7 juillet 2005;

Bernadette Unka (aînée, gouvernement local), 23 août 2005;

Gabe Yelle (aîné), 20 juin 2005;

Doug Ritchie (Ecology North, Yellowknife), 27 avril 2006.

Ouvrages cités

Ecology North, 2007. "The NWT Climate Change Leadership Summit." Consulté le 30 janvier 2007 : www.ecologynorth.ca.

Wolfe, B., D. Armitage, S. Wesche, B. Brock, M. Sokal, K. Clogg-Wright, C. Mongeon, M. Adam, R. Hall et T. Edwards. From Isotopes to TK Interviews: Towards Interdisciplinary Research in Fort Resolution and the Slave River Delta, NWT. *Arctic*, vol. 60, no. 1, March 2007.

Remerciements

J'aimerais faire part de ma gratitude aux résidants de Fort Resolution, T. N.-O., qui ont participé à ma recherche et qui m'ont offert leur amitié et fourni une aide durant mes visites sur le terrain. Cette recherche a été réalisée grâce à une bourse de recherche de doctorat du Conseil de recherches en sciences humaines (CRSH), à une bourse d'études de la Commission canadienne des affaires polaires et à des bourses d'études de l'Université Wilfrid Laurier. Des subventions du Réseau de recherche sur la gestion des océans (RRGO), du Programme de formation scientifique dans le Nord, du CRSH et du programme Changement climatique – impacts et adaptation de Ressources naturelles Canada ont apporté les fonds nécessaires pour les nombreuses opérations sur le terrain. J'aimerais aussi souligner le soutien continuel de mes deux superviseurs, Derek Armitage et Scott Slocombe, et de mon collaborateur, Brent Wolfe.

LE CONSEIL DE GESTION DU PARC NATIONAL DE KLUANE COORDONNE UNE CONFÉRENCE NATIONALE : « LEARNING FROM COOPERATIVE MANAGEMENT »

Shawn Allen

Les groupes d'Autochtones sont confrontés à une variété de défis en rapport avec leur rôle concernant l'application des accords de gestion coopérative pour les parcs nationaux du Canada. Cette situation est grandement reconnue à l'échelle nationale et a été documentée dans des études menées dans le monde entier. Au colloque de 1995 sur les Autochtones des zones circumpolaires et la gestion coopérative, on a nettement constaté que la gestion coopérative donne des résultats. Les responsables ont aussi reconnu que l'amélioration de la communication, la confiance, le respect, les objectifs communs et une façon d'intégrer les connaissances acquises sur le terrain aux études scientifiques faciliteraient le recours à des méthodes de gestion coopérative plus efficaces.

En 1997, le rapport du Groupe de travail intercommissions sur les peuples autochtones, de l'Union mondiale pour la nature, qui a été diffusé dans le monde entier, concluait que la gestion préconisant la conservation tend encore à négliger les droits des peuples autochtones des parcs nationaux et autres aires protégées.

Le rapport de 2001 intitulé « Parcs nationaux du Nord – une nouvelle orientation » qu'a présenté le Sous-comité sur le développement économique des Autochtones relativement aux parcs nationaux du Nord du Comité sénatorial permanent des peuples autochtones tire des conclusions semblables. Ses auteurs reconnaissent que les Autochtones considèrent les terres désignées comme parcs nationaux, dans leur territoire traditionnel, comme des lieux spéciaux à caractère sacré.

Caroline Hayes, présidente du conseil de gestion du Parc national de Kluane, a fait l'observation suivante : « C'est un bon moment pour tenir la conférence. Au sein de Parcs Canada, l'intention d'élaborer des accords de gestion coopérative se manifeste à l'échelle nationale. Cela donnera aux conseils autochtones et aux employés de Parcs Canada une première occasion de travailler ensemble au niveau national pour examiner les questions de gestion coopérative ». *[Traduction]*

La relation qu'entretient Parcs Canada avec les peuples autochtones s'est solidifiée grâce aux ententes sur les revendications territoriales globales et aux récents traités, ainsi qu'aux accords pour la création de parcs nationaux, protocoles d'entente et accords sur le partage des coûts. La variété d'ententes pose des défis et engendre des réussites qui ne sont pas toutes connues. Au Canada il y a 28 parcs nationaux, réserves de parcs nationaux et sites historiques nationaux qui sont visés par des accords formels de gestion coopérative préconisant la consultation conclus avec des groupes d'Autochtones. Environ la moitié ont été créés

Lac Kathleen, Parc national Kluane. Photo : Shawn Allen.

Point de depart, sentier Auriol, Parc national Kluane. Photo : Shawn Allen.

en vertu des dispositions d'ententes sur les revendications territoriales globales, et les autres l'ont été pour répondre aux exigences des accords sur la création de parcs ou des protocoles d'ententes conclus avec les collectivités autochtones, ou grâce aux démarches d'intervenants locaux et de représentants des collectivités autochtones qui avaient été invités à participer à l'activité. Un a été établi au moyen d'une entente sur les droits fonciers issus des traités (revendication spécifique).

Parcs Canada reconnaît l'importance sociale, culturelle et économique de l'association des Autochtones aux politiques sur les parcs au moyen d'initiatives de gestion coopérative. Les représentants des conseils autochtones qui travaillent avec les employés de Parcs Canada renforceront les relations qui tiennent compte des perspectives des Autochtones. Le but de la conférence « Learning from Cooperative Management » (Tirer des enseignements de la gestion coopérative) est le suivant : former des partenariats réels et équitables qui combinent les technologies existantes et le vaste savoir traditionnel des Autochtones, afin de préserver l'intégrité écologique des terres et de respecter les aspirations des peuples autochtones. Le résultat sera un texte imprimé présenté comme outil des « meilleures pratiques » pour la gestion des terres et des ressources des parcs.

La conférence aura lieu à Haines Junction, Yukon, du 24 au 26 avril 2007. L'adresse du site Web de cette conférence est www.kpmb.org. Les délégués pourront l'utiliser pour s'y inscrire. La priorité ira aux conseils et aux comités autochtones qui travaillent avec les employés des parcs nationaux et de Parcs Canada. Les universitaires et d'autres parties intéressées pourront assister à la conférence, dans la limite des places disponibles.

Le conseil de gestion du Parc national de Kluane organise cette conférence avec ses cohôtes, les Premières nations des Champagnes et d'Aishihik, la Première nation de Kluane, ainsi que le Parc national et la réserve de Kluane. Il tient à exprimer sa reconnaissance aux promoteurs de la conférence, à la fondation Walter et Duncan Gordon, à Affaires indiennes et du Nord Canada, à Parcs Canada et au gouvernement du Yukon. Il remercie le Yukon Convention Bureau et le Village de Haines Junction pour leur aide.

Shawn Allen fait partie du secrétariat du conseil de gestion du Parc national de Kluane.

CRITIQUE DE LIVRE

Kenn Harper

Apostle to the Inuit: The Journals and Ethnographic Notes of Edmund James Peck, The Baffin Years, 1894–1905, révisé par Frédéric Laugrand, Jarich Oosten et François Trudel. Toronto : Presses de l'Université de Toronto, 2006. ISBN 0-8020-9042-7.

Le Révérend Edmund James Peck a été pendant trop longtemps un personnage énigmatique de l'histoire des missions dans l'Arctique et de l'île de Baffin. Le missionnaire anglican connu comme « l'apôtre des Inuit » a officiellement introduit le christianisme au sein des populations inuites du Québec arctique, puis dans la région de Baffin. Mais les détails de sa vie, de son travail et de sa contribution à notre connaissance des Inuit du passé n'ont pas été consignés. La seule biographie de la longueur d'un livre, *The Life and Work of E.J. Peck among the Eskimos*, écrite par Arthur Lewis, a été publiée il y a plus d'un siècle, avant que son travail à l'île Blacklead ait été terminé. Comme bon nombre de biographies de missionnaires, celle-ci était riche en louanges et avait peu de substance.

Trois universitaires réputés pour leurs études sur l'histoire et les croyances des Inuit ont maintenant produit un ouvrage de près de 500 pages qui porte exclusivement sur les années que Peck a passées dans l'île de Baffin, ses quatre séjours de deux ans dans l'île Blacklead (séparés par des congés d'un an en Angleterre) entre 1894 et 1905.

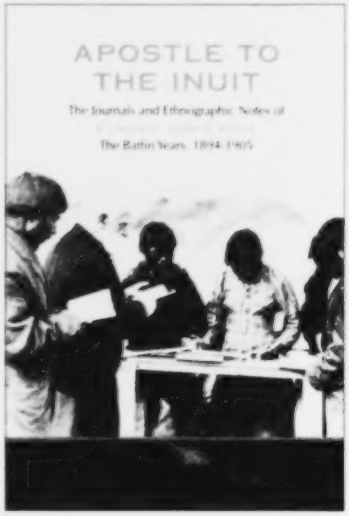
Il est assez facile de raconter les faits qui ont marqué la carrière de Peck. Il est né en Angleterre, en 1850, mais a été élevé en Irlande à partir de sa huitième année. Devenu orphelin à treize ans, il a passé huit ans dans la marine britannique avant de répondre à un appel du Rév. John Horden, évêque de Moosonee, qui s'était engagé envers la Church Missionary Society à trouver un homme qui pourrait se consacrer presque exclusivement aux Inuit du Québec, sur la côte de la baie d'Hudson. Entre 1876 et 1892, Peck a fait deux séjours comme

missionnaire à Little Whale River et à Fort George, où il a repris le travail interrompu qu'avait entrepris le Rev. E.A. Watkins dans les années 1850. En 1894, Peck a laissé son épouse et sa fille en Angleterre pour aller fonder une nouvelle mission chez les Inuit, à la station de baleiniers de l'île Blacklead, dans la baie Cumberland, le principal centre d'activité commerciale au Nord du détroit d'Hudson. Après avoir quitté l'île Blacklead en 1905, Peck s'est installé avec sa famille à Ottawa où il est devenu surintendant des missions de l'Arctique. Parfois, il allait dans le Nord en été, voyageant à bord de navires d'approvisionnement. Il est décédé à Ottawa en 1924.

Apostle to the Inuit commence par une longue introduction qui explique comment a été fondée la mission de l'île Blacklead et décrit l'initiation des Inuit au christianisme. La toile de fond, rehaussée par chronologie fort utile des événements marquants des onze années visées, place dans son contexte le corps principal de l'ouvrage divisé en deux grandes sections.

Les auteurs consacrent plus de 200 pages au journal rédigé par Peck pendant les onze années où il a vécu dans la baie Cumberland. Ces pages sont présentées comme des extraits, et contiennent très peu de commentaires. Les textes – les extraits – se passent d'explications.

En réalité, c'est la Partie deux – documents ethnographiques – qui est la plus intéressante. On trouve rarement des missionnaires ethnographes. La plupart des missionnaires estiment qu'ils ont pour tâche d'éradiquer, et non pas de consigner, les croyances « païennes » de l'époque préchrétienne. Peck aurait bien pu tomber lui aussi dans cette catégorie – rien dans ses premiers textes couvrant la période passée sur la côte de la baie d'Hudson, ou même dans ses notes sur ses premières années dans l'île Blacklead, n'indique un intérêt particulier à ce propos – s'il n'avait pas reçu l'invitation de l'anthropologue pionnier Franz Boas. Ce dernier, qui en 1883–1884 avait séjourné dans la baie Cumberland, a demandé à Peck de consigner pour lui l'information sur les croyances des Inuit, notamment sur les rituels chamaniques et les légendes. Peck qui déjà affichait des attitudes non conventionnelles en rapport avec la façon de mener l'activité de missionnaire, a été touché par cette demande, et il a relevé le défi avec son énergie habituelle. La contribution à l'ethnographie inuite qui en a résulté a été en grande partie inutilisée et non reconnue pendant plus d'un siècle. Les documents sont restés dans les archives générales du synode de l'Église anglicane du Canada.



C'est cette remarquable collection de données que les auteurs présentent. Le chapitre d'introduction intitulé « The Ethnography of Peck » est suivi de chapitres contenant la documentation constituée par Peck sur les coutumes inuites. Les titres des chapitres donnent une idée du travail : « The Eskimos, Their Beliefs, Characteristics, and Needs », « Describing Heathen Customs », « The Tuurngait » (esprits qui aident) et « List of Spirits by the Missionary E.J. Peck ». Trois chapitres de comptes rendus textuels de récits d'Inuit – Eve Nooeyout, Oosotapik et Qoojessie – sont particulièrement intéressants.

Les auteurs auraient pu fournir davantage de renseignements généraux sur l'histoire de l'île Blacklead durant la période antérieure à l'arrivée de Peck. Cette île découverte – s'entend dans le sens classique, c'est-à-dire quand le premier homme blanc a s'être aventuré dans une zone habitée par des non-blancs a été proclamé découvreur – par John Davis en 1585, qui n'a été redécouverte qu'en 1840 par William Penny avec l'aide de l'Inuk Eenoolooapik. Certaines parties de la baie Cumberland avaient été continuellement occupées par des baleiniers pendant près d'un demi-siècle avant l'arrivée de Peck. En fait, l'industrie de la chasse aux baleines avait régressé bien avant 1894. Le récit étendu de Boas sur la vie et les croyances des Inuit mentionne à peine la présence des Blancs, présentant ainsi à ses lecteurs une image inexacte des Inuit décrits comme des gens attachés à leur mode de vie traditionnel non altéré par les influences étrangères. Peck, lui, n'atténue pas la présence des baleiniers et les vices et maladies qu'ils avaient apportés aux populations qu'il était venu sauver.

Quelques remarques sur les faits et leur interprétation : William Penny a atteint la baie Cumberland en 1840, pas en 1839 (page 12). M. Noble (Crawford Noble) n'était pas l'agent en poste à la station baleinière de Kikkerton dans les années 1880. Il en était le propriétaire et il vivait en Écosse. Les agents établis dans l'île étaient ses employés (page 14). À la page 25, une légende identifie les trois premiers Inuit de l'île Blacklead à s'être convertis. Mais, si la conversion est déterminée par le baptême, c'est une erreur: le premier Inuk à avoir été baptisé sur l'île est Annie Atungaujaq, qui est décédée en juin 1901, un peu plus d'un mois après son baptême administré le 7 mai de la même année.

Dans le texte, l'épellation des noms inuits et des toponymes inuktituts correspond à l'interprétation personnelle de Peck. Mais dans la partie descriptive, qui comprend des noms non utilisés par Peck, les auteurs essaient d'utiliser l'orthographe inuite moderne officielle. L'ouvrage présente des lacunes à cet égard. Le nom de Peck en inuktitut, par exemple, était Uqammak (celui qui parle bien), et non pas Uqammaq (page 10 et ailleurs). (Un petit « *mea culpa* » s'impose ici. La citation sur ma courte biographie non publiée de Peck, qui est gardée dans les archives générales du synode, reproduit ma propre erreur d'épellation pour le nom inuktitut, de Peck, soit « Uqarmat ». Mais cette erreur ne devrait pas leur donner le droit de mal épeler mon prénom « Ken », à la page 51) Joseph Parker était appelé Luuktakuluk (le petit docteur), et non pas Luktaakuluk (page 16), et Greenshield

était Ilataaqauk (le nouveau membre de la famille), et pas Ilataaqqau (page 16). On trouve même une faute d'épellation dans le nom de l'île Blacklead, sur la carte fournie dans l'introduction. Ce nom devrait être Uummannarjuaq au lieu de Umanarjuaq.

Ces remarques concernent des points minimes d'un grand ouvrage. Ses auteurs ont atteint avec brio leur objectif : bien placer le nom d'Edmund James Peck dans la liste des personnes qui ont grandement contribué à documenter les croyances des Inuit de l'époque préchrétienne. L'apôtre des Inuit prend sa place en tant qu'ethnographe qui a accompli la tâche inhabituelle qu'on pourrait désigner comme une action presque schizophrénique – obtenir de l'information et documenter le système de croyances qu'il tenait tellement à faire disparaître.

Kenn Harper est un historien et linguiste qui vit à Iqaluit, Nunavut.

NOUVEAUX LIVRES

Names & Nunavut: Culture and Identity in the Inuit Homeland, par Valerie Alia. Berghahn Books, 2007. ISBN 978-1-84545-165-3.

A Complete Guide to Arctic Wildlife, par Richard Sale avec photos par Per Michelsen et Richard Sale. Firefly Books Ltd., 2006. ISBN 1-55407-178-X.

Conférence nationale sur la gestion coopérative Coordonnée par le Conseil de gestion du parc national Kluane
24–26 avril 2007
Haines Junction, Yukon
www.kpmb.org

"Air, Océan, Terre et Glace sur le Roc" présenté par la Société canadienne de météorologie et d'océanographie (SCMO) l'Union géophysique canadienne (UGC) et l'American Meteorological Society (AMS)
28 mai – 1 juin 2007
St. Jean, Terre-Neuve et Labrador
www.cmos2007.ca

Les impacts du changement climatique sur les régimes de perturbations de la forêt boréale
30 mai – 2 juin 200
University of Alaska Fairbanks, Alaska, É.-U.
www.icddbf.uaf.edu

Première conférence circumpolaire internationale sur les sciences géospatiales et leurs applications
20–24 août 2007
Yellowknife, T.N.-O.
ess.nrcan.gc.ca/ipygeonorth/index_f.php

8e Conférence Internationale des Étudiants en Études Nordiques Association Universitaire Canadienne d'Études Nordiques (AUCEN) Éliminer les frontières : produire de la recherche efficace dans le monde circumpolaire
19–21 octobre 2007
Université de la Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan
www.dbakerproductions.com/acuns/index.htm

ARCTIC WORLD est publié par la Commission canadienne des affaires polaires.

ISSN 1492-6245
© 2007 Commission canadienne des affaires polaires

Rédacteur : John Bennett
Traduction : Suzanne Rebetez, John Bennett
Conception graphique : Eiko Emori Inc.

Commission canadienne des affaires polaires
Bureau 1710, Constitution Square
360 rue Albert
Ottawa, Ontario K1R 7X7

Tél. : (613) 943-8605
Sans frais : 1-888-765-2701
Téléc. : (613) 943-8607
Courriel : mail@polarcom.gc.ca
www.polarcom.gc.ca

Les opinions exprimées dans ce bulletin ne reflètent pas nécessairement celles tenues par la Commission canadienne des affaires polaires.